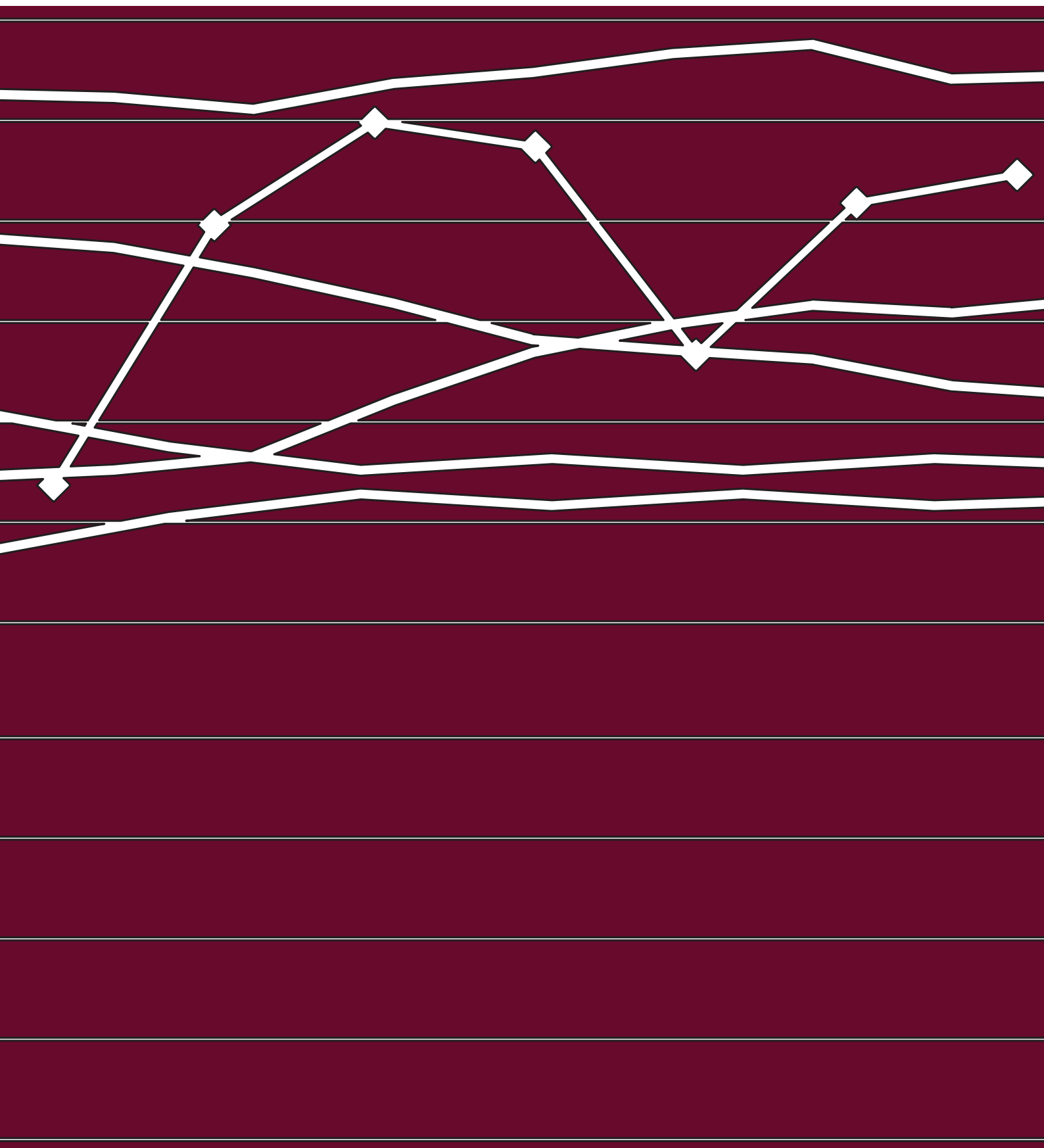


CAHIER SCIENTIFIQUE REVUE TECHNIQUE LUXEMBOURGEOISE

CAHIER SCIENTIFIQUE BIANNUEL DE LA REVUE TECHNIQUE LUXEMBOURGEOISE 1 | 2013



L'A.L.I.A.I. dans l'origine remonte à 1897, et qui regroupe plusieurs organismes apparentés, édite quatre fois par an la Revue Technique, sa publication principale, dédiée à des articles se rapportant aux sujets traités par les professionnels qu'elle regroupe.

Pour l'ALIAI la Revue Technique Luxembourgeoise et son site Internet sont des moyens de communication essentiels donnant à ses membres le contact immédiat avec l'organisation à laquelle ils sont affiliés.

Ces instruments offrent aux entreprises de présenter leur travail devant un public ciblé. La Revue Technique Luxembourgeoise possède un passé prestigieux qui lui confère une légitimité auprès des affiliés de l'ALIAI.

La Revue Technique Luxembourgeoise et le site Internet offrent aux Partenaires de la Revue Technique de l'Association des Ingénieurs, Architectes et Industriels la possibilité de

faire connaître leurs produits ou d'informer de cette manière sur la structure de leur entreprise et de toucher un public ciblé de lecteurs intéressés.

Le cahier scientifique, a pour mission de promouvoir le développement de la recherche et de la culture scientifique, en contribuant à la diffusion et à la valorisation des connaissances et des méthodes scientifiques en vue de soutenir un dialogue entre la science et la société.

Le cahier scientifique est publié 2 fois par an par la rédaction de la Revue Technique. C'est un instrument professionnel pour scientifiques, techniciens, étudiants et intéressés professionnels dans le domaine de l'ingénierie, de la technologie, de la recherche, des énergies renouvelables et de l'industrie.

Des articles sur des recherches approfondies par nos collaborateurs des instituts, des partenaires ou industriels sont publiés dans chaque exemplaire des cahiers scientifiques.

REVUE TECHNIQUE LUXEMBOURGEOISE

www.revue-technique.lu

pour

L'Association Luxembourgeoise des Ingénieurs, Architectes et Industriels

éditée par

Rédacteur en Chef Michel Petit

Responsable Revue Technique Sonja Reichert

Graphisme Bohumil Kostohryz

t 26 73 99 s.reichert@revue-technique.lu

7, rue de Gibraltar L-1624 Luxembourg

Impression 3.500 exemplaires

imprimerie HENGEN

14, rue Robert Stumper L-1018 Luxembourg

EDITO_

Mehr Wettbewerb durch Innovation und Bildung

Mit der Lissabon-Strategie „Horizont 2020“ unterstreicht die Europäische Union ihren Willen, durch entschlossenes Handeln den gewünschten Forschungs- und Innovationsraum zu schaffen, um den Wissensvorsprung der Wirtschaftskonkurrenten auf der globalen Ebene zu verringern. Durch die Innovationsunion soll die dynamische Wirtschaft beflügelt werden, welche von Ideen angetrieben wird und die es ermöglichen soll, neue Chancen und Märkte zu erschliessen und zu nutzen - dies vor dem Hintergrund, dass die Europäische Union nur noch zu 10 Prozent am Welthandel beteiligt ist. Das Erstarken der europäischen Wirtschaft beruht demzufolge auf dem intelligenten, nachhaltigen und integrativen Wachstum und führt zur Schaffung von Millionen neuen Arbeitsplätzen. Die Grundvoraussetzung für dieses Wachstum mit Rücksicht auf die Biodiversität und den Schutz der natürlichen Ressourcen, eine „europäische“ Gratwanderung, bedingt die vernetzte Forschungs- und Innovationspolitik.

Angesichts der Tatsache, dass sich das industrielle Standbein nur noch zu 15,6 Prozent am EU-Bruttoinlandprodukt beteiligt, in Luxemburg nur noch zu 5,3 Prozent, werden neue Bereiche u.a. die Kommunikations- und Informationstechnologien, die intelligenten Energienetze, die nachhaltige Raumgestaltung, die Ressourcenschonung und die sozialen Aspekte in den Mittelpunkt der politischen Diskussion rücken. Bedingt durch die Desindustrialisierung werden sich die damit verbundenen Dienstleistungen u.a. die Forschung und die Entwicklung verlagern. Die Schaffung von intelligenten Clusterstrategien in den unterschiedlichen Bereichen u.a. der Energieversorgung, der umweltfreundlichen Fahrzeuge, der fortschrittlichen Fertigungsprozesse, des Gewässerschutzes, des Verkehrs und der Logistik erlaubt die Reindustrialisierung durch innovative Unternehmen.

Die Forschungs- und Innovationslandschaft steht in engem Kontakt mit der makroökonomischen Strategie der Europäischen Union. Die europäische Innovationskapazität wird leider zurzeit durch das Missverhältnis zwischen Angebot und Nachfrage bei den Fachkräften und dem Mangel an

Wissenschaftlern und Ingenieuren bedroht. Deshalb lautet das zentrale Anliegen der Europäischen Union: „Mehr Investitionen in Bildung, Forschung und Innovation für das intelligente, nachhaltige und integrative Wachstum.“ Das Wissensdreieck zwischen dem Hochschulwesen, der Forschung und den Unternehmen liefert das Fundament für die wichtigen gesellschafts- und wirtschaftspolitischen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts.

Soll es zum geforderten Aufbruch zu neuen Ufern kommen, dann bedarf es der übergreifenden Bildungspolitik - vom Kindergarten bis zur Hochschule und hin zur lebensbegleitenden Weiterbildung. Die Universitäten, die Forschungsstätten, die Industriebetriebe, die Klein- und Mittelunternehmen sowie das Handwerk & der Handel werden nicht müde auf das Fehlen von gut ausgebildeten Wissenschaftlern, Ingenieuren, Technikern und Handwerkern hinzuweisen, wir brauchen wissensbegierige Menschen. Leider besteht eine klaffende Lücke zwischen dem Angebot und der Nachfrage bei den Fachkräften, den Wissenschaftlern und den Ingenieuren, sodass dem Innovationsprozess der Europäischen Union eine schwierige Zeit bevorsteht.

Die Kreativität und die Innovationsfähigkeit stellen laut den zitierten Überlegungen die Triebfedern der Wissensgesellschaft dar, sie ermöglichen die Verwirklichung der wirtschaftlichen Ziele und festigen die sozialen Ansprüche der Bürger und Bürgerinnen. Es soll hier Jean Monnet, ein Gründervater der Europäischen Union mit seiner Aussage zitiert werden: „Wir können nicht stillstehen, wenn die Welt in Bewegung ist.“

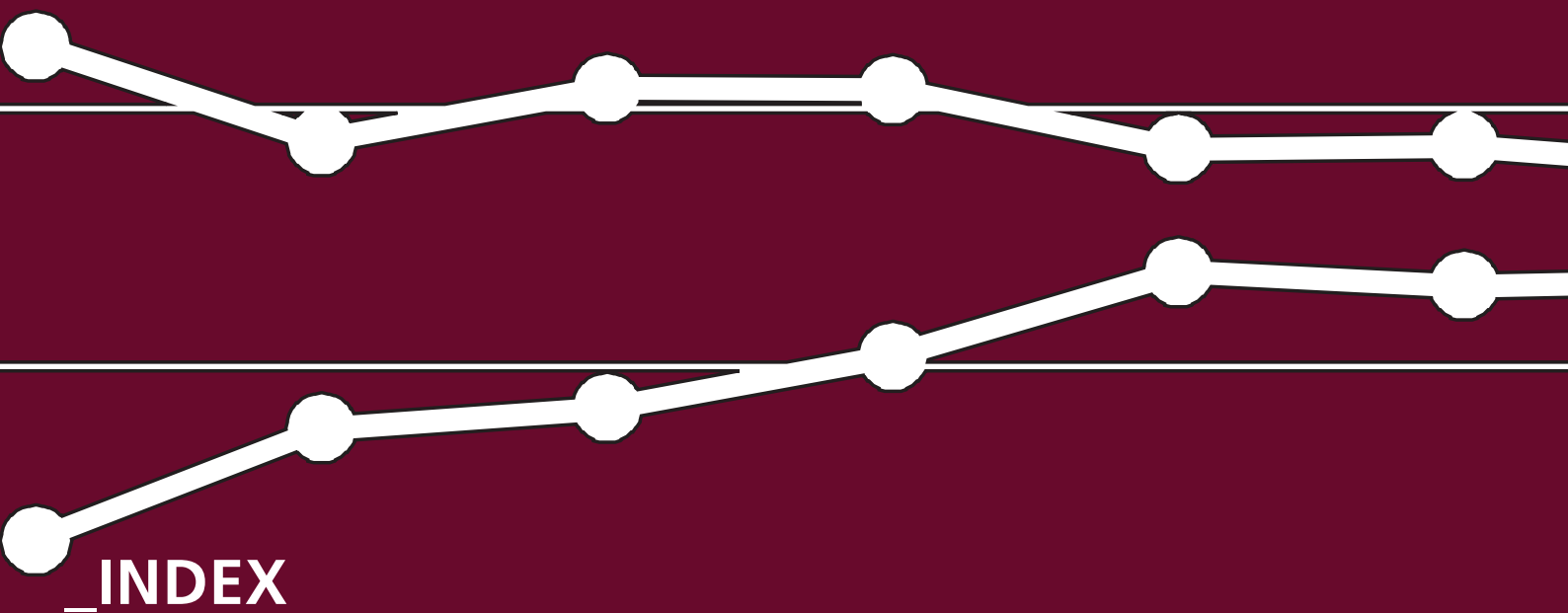
Um den Wandel in der Europäischen Union herbeizuführen, müssen wir mehr Engagement und mehr Selbstverpflichtung für das innovationsgestützte Wachstum einbringen, auch Luxemburg muss seinen Anteil beisteuern.

Prof. Dr.- Ing. Marcel Oberweis
CSV- Abgeordneter

Quellennachweis:

KOM (2013) 149: Stand der Innovationsunion 2012 – Beschleunigung des Wandels





- 6_ KLEINFLÄCHIGE KURZUMTRIEBSPLANTAGEN FÜR MULTIFUNKTIONALE LANDNUTZUNG
Dr.-Ing. Katarzyna Golkowska, Dipl.-Ing. (FH) Daniel Koster
- 12_ RÉSEAU TRANSFRONTALIER LORRAINE-LUXEMBOURG SUR LA PROTECTION DES RESSOURCES EN EAU
Prof. Dr. Lucien Hoffmann
- 16_ DIE ENERGIELANDSCHAFT DER ZUKUNFT IN DER REGION TRIER
Stefan Beyer
- 20_ 2013 - WICHTIGE ENTSCHEIDUNGEN FÜR UNSER WISSENSDREIECK
Dr.- Ing. Marcel Oberweis
- 24_ THE LUXEMBOURGISH TELECOMMUNICATIONS MARKET
Nico Binsfeld
- 38_ LCSB ENTDECKT KÖRPEREIGENES ANTIBIOTIKUM IM GEHIRN
Itakonsäure
- 39_ DÉVELOPPEMENT DU PLUS GRAND ARBRE GÉNÉALOGIQUE DE CELLULES HUMAINES
Biologie cellulaire
- 40_ LA COMMUNAUTÉ LUXEMBOURGEOISE À L'UNIVERSITÉ CATHOLIQUE DE LOUVAIN EN 1900
Luc Blanchart – Docteur en Histoire, Art et Archéologie
- 42_ GREEN ROOF SYSTEMS PROJECT
The University of Sheffield
- 44_ KOLLABORATIONSABKOMMEN ZWISCHEN DEM INSTITUT FÜR IMMUNOLOGIE UND DER UNIVERSITÄT WIEN

_comité de lecture Ingénieur dipl. Pierre Dornseiffer
Représentant membre ALI

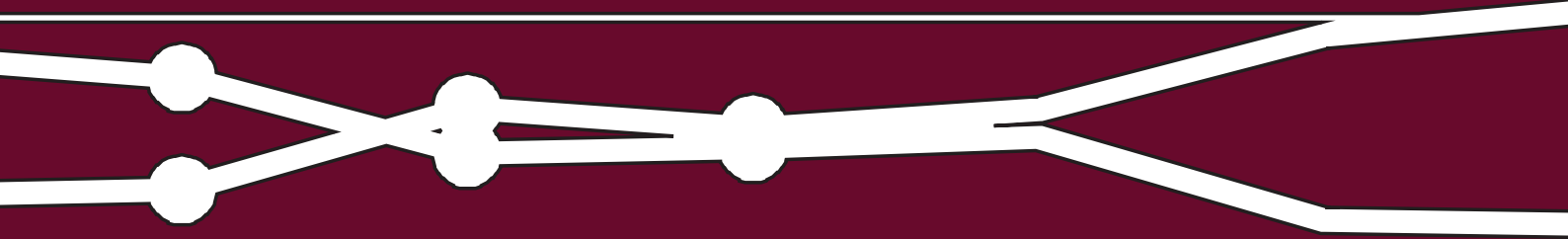
Ing. Dipl. Marc Feider
Administrateur et chef de service Bâtiments / Ouvrages
Schroeder & Associés

Prof. Dr. Ing. Jean-Régis Hadji-Minaglou
Université du Luxembourg, Unité de recherche: Ingénierie
Faculté des Sciences, de la Technologie et de la Communication

Informaticien dipl. Patrick Hitzelberger
Centre de Recherche Public - Gabriel Lippmann Département ISC

Prof. Dr. Ing. Michel Marso
Professeur en Technologie de Télécommunications
Université du Luxembourg, Unité de recherche: Ingénierie
Faculté des Sciences, de la Technologie et de la Communication

Dr. Paul Schosseler, Directeur
CRTE / CRP Henri Tudor



revue publiée pour_



www.ali.lu



www.oai.lu



www.tema.lu

A L I A I

ASSOCIATION LUXEMBOURGEOISE DES
INGÉNIEURS - ARCHITECTES - INDUSTRIELS
www.aliai.lu



partenaires de la revue_



revue imprimée sur du papier_



Sources Mixtes
Groupe de produits issus de forêts
bien gérées, de sources contrôlées
et de bois ou fibres recyclés
www.fsc.org Cert no. CU-COC-812363
© 1996 Forest Stewardship Council

Derzeitige energie- und klimapolitische Ziele der EU, definiert in der Strategie „Europa 2020“, sollen das intelligente, nachhaltige und integrative Wachstum Europas fördern. Die Stärkung der Nutzung von erneuerbaren Energien mit dem Schwerpunkt Biomasse wird aktuell in allen Europäischen Ländern zu einer prioritären Aufgabe. In diesem Kontext soll das ARBOR Projekt dazu beitragen regionale Pilotprojekte zu entwickeln, sowie eine überregionale Implementierungsstrategie für eine nachhaltige Biomassenutzung zu etablieren. Dieser Artikel stellt das Konzept multifunktionaler Landnutzung für Kurzumtriebsplantagen vor, das durch die ARBOR-Projektpartner Inagro und POM West-Vlaanderen realisiert wird. Die Wissenschaftler vom Kompetenzzentrum technischer Umweltschutz (CRTE) des öffentlichen Forschungszentrums Henri Tudor begleiten das Konzept durch eine Ökobilanzierung und eine ökonomische Analyse.



ARBOR Projekt

KLEINFLÄCHIGE KURZUMTRIEBSPLANTAGEN FÜR MULTIFUNKTIONALE LANDNUTZUNG_

Dr.-Ing. Katarzyna Golkowska, Dipl.-Ing. (FH) Daniel Koster

Was sind Kurzumtriebsflächen?

Bei den Kurzumtriebsplantagen (KUP) bzw. Kurzumtriebsflächen (KUF) handelt es sich um schnellwachsende Baumarten (meist Papeln und Weiden), die auf landwirtschaftlichen aber auch anderen Flächen für Energiezwecke angebaut werden. Die Ernte erfolgt in 2-5 jährigen Zyklen, wobei die Lebensdauer der Plantage, abhängig von der Baumart und Erntesystem, zwischen 10 und 21 Jahren beträgt. Ein Beispiel für ein 21-jähriges Anbausystem ist illustriert in Abb. 1. Abb. 2 zeigt die Wachstumsgeschwindigkeit solcher Plantage.

Kurzumtriebsflächen im Kontext der luxemburgischen Energieziele für 2020

Um den im Jahre 2007 durch den Europäischen Rat verabschiedeten energetischen- und Klimaschutzpolitischen Zielen für 2020 [1] nachzugehen, hat das Großherzogtum Luxemburg eigene Energieziele für das Jahr 2020 formuliert [2]. Die Erhöhung des Anteils der Energie aus lokalen erneuerbaren Quellen am Bruttoenergieverbrauch von 1% auf 4% sowie des Anteils der erneuerbaren Energie am Bruttoenergieverbrauch von 0,9% auf 11% wird angestrebt. Weiterhin soll die Biomassenutzung im Vergleich zu Basisjahr 2005 für erneuerbaren Transport um das Zweihundertfache und für erneuerbare Wärme- und Kältegewinnung um das Vierfache steigen [3].

Im Luxemburger Aktionsplan für erneuerbare Energien [2] wird darauf hingewiesen, dass das „ungenutzte Ackerland bzw. abgebaute Flächen“ zum Anbau von Kurzumtriebsholz bzw. -pflanzen benutzt werden könnte. Auch der beigefügte Maßnahmenkatalog zur Verwirklichung der Energieziele hat finanzielle Maßnahmen für die Unterstützung der Landwirte diesbezüglich vorgesehen. Allerdings sind seit der Abschaffung der Stilllegungspflicht im Jahre 2009 ungenutzte Ackerflächen in Luxemburg praktisch kaum mehr existent. Laut [2] wird die erwartete Menge inländischer Biomasse aus der Forstwirtschaft (die direkt für die Energieerzeugung verfügbare Holzbiomasse aus Wäldern und sonstigen bewaldeten Flächen sowie die indirekt für die Energieerzeugung verfügbare Holzbiomasse) auf 686 GWh für das Jahr 2015 und 989 GWh für das Jahr 2020

geschätzt. In der Kalkulation sind die potenziellen KUF nicht berücksichtigt bzw. nicht explizit erwähnt. Die LUXRES – Studie [4] aus dem Jahre 2007 schätzt das realisierbare Energiepotenzial aus Kurzumtriebsholz für 2020 auf ca. 82 GWh/a. Eine andere Potenzialstudie aus dem RUBIN-Projekt [5], geht davon aus, dass 2,2% luxemburgischer Ackerfläche (1326 ha) für Anbau von Kurzumtriebskulturen eingesetzt werden könnte, was dem jährlichen Energiepotenzial von etwa 57 GWh entsprechen würde. Dabei wurde auch auf die Problematik möglicher Flächenkonkurrenz hier im Lande hingewiesen. Noch kritischer wird die Situation um Kurzumtriebsplantagen in der vom Mouvement Ecologique veranlassten Studie aus dem Jahre 2012 geschildert [6]. Wegen hoher Flächenkonkurrenz wird in dem Bericht das Potenzial von 20 GWh/a erwähnt was auf eine Anbaufläche von ca. 460 ha zurückgerechnet werden kann. Alle 3 erwähnten Studien gehen davon aus, dass der Anbau von KUP ausschließlich auf landwirtschaftlichen Flächen stattfindet.

Rechtlicher Status

Laut Europäischer Verordnung (EG) Nr. 73/2009 (Art. 34 Abs. 2 lit. a) gilt „jede landwirtschaftliche Fläche des Betriebs und jede Fläche mit Niederwald im Kurzumtrieb (KN-Code ex 0602 90 41), die für eine landwirtschaftliche Tätigkeit genutzt wird, oder, wenn die Fläche auch für nichtlandwirtschaftliche Tätigkeiten genutzt wird (...) als (...) beihilfefähige Hektarfläche“ und bekommt somit den Status der landwirtschaftlichen Nutzfläche. Weiterhin wird in Europäischer Verordnung (EG) Nr. 1120/2009 (Art. 2 lit. n) jedes Mitgliedstaat verpflichtet nach Berücksichtigung von regionalen geografischen Bedingungen ab 2010 eine „Liste der für den Kurzumtrieb geeigneten Arten und deren maximale Erntezyklen“ zu führen. In Luxemburg wurde diese Verordnung in **Règlement Grand-Ducal** vom 25. November 2011 [7] umgesetzt, indem der maximale Erntezyklus auf 12 Jahre begrenzt wurde. Laut dem RGD als Kurzumtrieb geeignete Arten für Luxemburg gelten: Weide, Pappel, Birke, Erle, Ahorn und Robinie. Die rechtliche Lage der KUF in Luxemburg ist allerdings nicht klar definiert. Einerseits werden die Flächen als bewaldet betrachtet und unterliegen somit der Überwachung durch

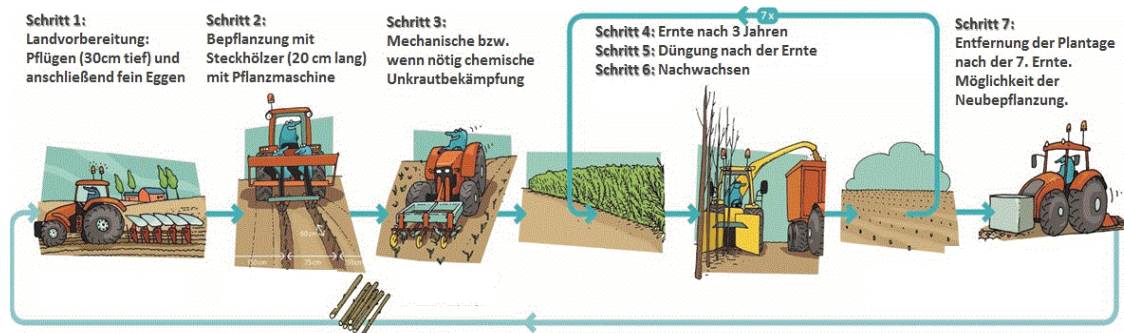


Abb. 1 Schema der Feldarbeiten für ein 21-jähriges KUF-Anbausystem (Quelle: Inagro, 2012)



Abb. 2 Wachstumsgeschwindigkeit einer Weidenpflanzung im 21-jährigen Anbausystem: Von links (1) die Stecklinge im Boden, (2) nach 1,5 Monaten, (3) nach 3 Monaten, (4) nach 4 Monaten (Quelle: POM West-Vlaanderen, 2012)

die Forstverwaltung, andererseits aber können die Landwirte, die das Kurzumtriebsholz anbauen bzw. anbauen möchten, finanzielle Förderung im Rahmen von sog. Betriebsprämien beantragen. 2013 wird die Gemeinsame Agrarpolitik (GAP) der EU neuformuliert [8]. KUP steht derzeit auch in der GAP-Diskussion als sog. „Greening“-Maßnahme, wird aber höchstwahrscheinlich nicht als solche akzeptiert.

Anbau von Kurzumtriebsholz in Luxemburg



Abb. 3 Die erste Ernte von Kurzumtriebsholz in Luxemburg (Quelle: Steve Koch, 2010)

Derzeit gibt es im Luxemburg nur einen KUF-Betreiber. Steve Koch aus Merscheid baut seit 2006 Weiden auf zwei nahegelegenen Grundstücken mit der Gesamtfläche von 1,1 ha an. Die Pflanzung wurde für 21 Jahre mit 3-4 jährigen Erntezyklen geplant und nähert sich in diesem Jahr der zweiten Rotation. Die Weiden-Sorte die hier zum Einsatz kommt charakterisiert sich durch hohe Resistenz gegen Pilzbefall (Blattrost) und, dank sehr tiefem Wurzelsystem, gute Anpassung bei dünnen Wetterverhältnissen. Die Pflanzung entwickelt sich nach Aussagen des Betreibers gut. Das erste Anbaujahr sei wegen später Feldbepflanzung, Trockenheit und Konkurrenzsituation mit wildem Raps etwas schwierig gewesen. Seitdem sich die Bäume aber völlig etabliert hätten, gäbe es keine weiteren Probleme. Der Standort werde mit flüssigen Gärresten nach jeder Ernte (jede 3-4 Jahr) gedüngt und der Einsatz von Schädlingsbekämpfungsmitteln sei bis jetzt nicht nötig gewesen. Als richtige Herausforderung stellt sich aber die Ernte der Kurzumtriebshölzer heraus, da es in der ganzen Großregion keine bezahlbare Erntemaschine für KUP gäbe. Eine solche Situation schafft

eine große Entwicklungsbarriere für den Anbau von Holz im Kurzumtrieb, da die Stämme und Zweige einerseits wegen ihrer Dicke und Härte nur mit umgebauten landwirtschaftlichen Maschinen zu ernten sind, aber andererseits für die üblichen Holzerntemaschinen aus der Forstwirtschaft noch einen zu kleinen Durchmesser haben. Abb. 3. illustriert die erste Ernte der bisher einzigen Luxemburger KUP.

Pilotanlagen im ARBOR-Projekt

Das ARBOR Konsortium hat sich als Aufgabe gestellt, Konzepte zur Energiegewinnung aus Biomasse zu entwickeln bzw. zu testen, die nicht in Konkurrenz zur Nahrungsproduktion stehen. Demzufolge werden von Inagro und POM West-Vlaanderen im Rahmen von ARBOR kleinflächige Kurzumtriebsplantagen auf anderen Flächen als Ackerland realisiert, bzw. wird die Kurzumtriebsplantagen mit anderen landwirtschaftlichen Funktionen kombiniert.

Eines der in ARBOR realisierten Konzepte ist der Anbau von Kurzumtriebsholz auf industriellen Brachflächen. Hierbei handelt es sich nicht um Altlastflächen, sondern um Expansionsflächen von Firmen und Gewerbegebieten bzw. Gelände, das die Firmengebäude umrahmt und bisher unbenutzt blieb. Die Pilotanlagen wurden an fünf verschiedenen Standorten mit der Gesamtfläche von 3,7 ha eingerichtet. Abhängig von der Landverfügbarkeit der Unternehmen wurden entweder 10-jährige Pappelplantagen (mit 5-jährigem Erntezyklus) bzw. 21-jährige Weidenplantagen (mit 3-jährigem Erntezyklus) bevorzugt. Das erzeugte Energieholz wird vor Ort für die Beheizung der Firmengebäude eingesetzt. Solche Lösungen reduzieren die Abhängigkeit des Unternehmens von steigenden Energiepreisen. Zusätzlich wird das nachhaltige Handeln gefördert und die Energie- und Umweltsensibilisierung unter den Mitarbeiter gesteigert.

Eine andere Pilotanlage realisiert im Rahmen von ARBOR kombiniert KUP mit freigehaltener Hühnerzucht. Auf diese Art und Weise kann der Bauer von seinem Land zusätzliche Gewinne aus dem Holzverkauf erzielen bzw. günstig und nachhaltig Holz für die eigene Heizung erzeugen ohne gleichzeitig auf die Nahrungsmittelproduktion zu verzichten. Die KUP bietet auch zusätzliche Anreize und Beschäftigung.

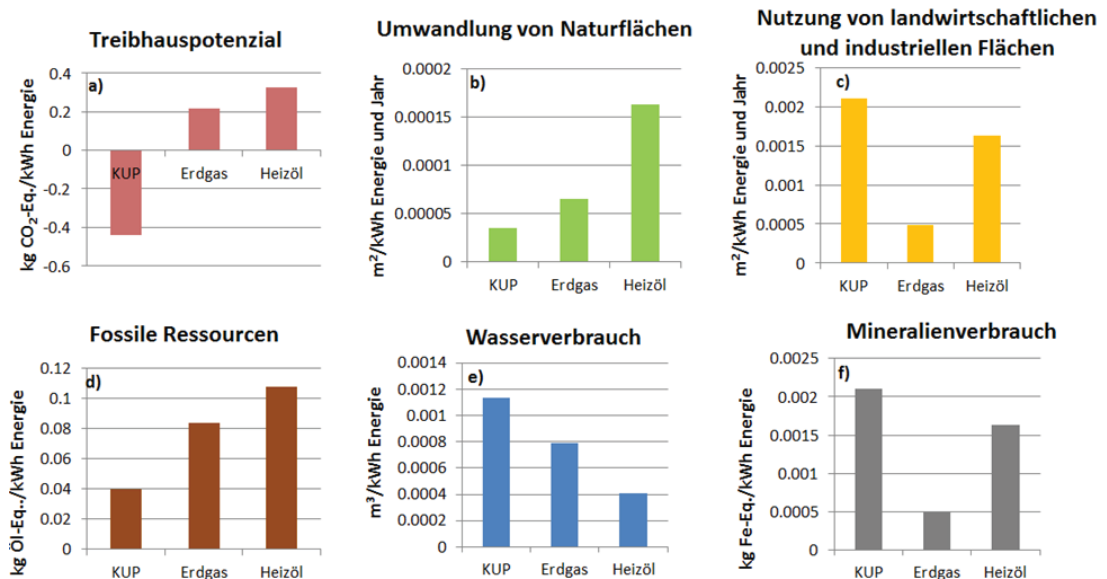


Abb. 4 Die Ergebnisse der Ökobilanzierung in den Kategorien Treibhauspotenzial (a), Umwandlung von Naturflächen (b), Nutzung von landwirtschaftlichen und industriellen Flächen (c), Verbrauch an fossilen Ressourcen (d), Wasserverbrauch (e) und Mineralienverbrauch (f)

tung für die Tiere, sowie bildet eine Pufferzone für den durch die Tierhaltung entstehenden Geruch.

Außerdem werden durch flämische Partner auf zwei Standorten (insgesamt 2,5 ha) die Einflüsse von Kurzumtriebsplantagen auf lokale Biodiversität untersucht. Durch den Einsatz von verschiedenen Baumsorten (e.g. Pappel, Weide, Hasel, Erle), eine mehrstufige Ernte, die Einführung von Blumenrandstreifen und Grünstreifen zwischen den verschiedenen Baumreihen, sowie die Installation von Nistkästen und „Insektenhotels“ werden sowohl der Anstieg von Artenvielfalt als auch positive Effekte für den Boden erwartet.

Die Wissenschaftler des CRTE, des öffentlichen Forschungszentrums Henri Tudor, begleiten die Pilotprojekte durch Ökobilanzierung und eine Kostenanalyse. Die Chancen und Risiken für solche Investition werden im Rahmen einer SWOT-Analyse ermittelt und dargestellt. Letztlich werden Einschätzungen und Erfahrungen über die Umweltauswirkungen, Kosten und Nutzen sowie den regionalen Mehrwert solches Konzepts getroffen und kommuniziert.

Wie umweltverträglich ist Kurzumtriebsholz?

In der Studie wurden drei Szenarien verglichen: (1) Anbau von KUP und Verbrennung des Holzes zur Gebäudebeheizung, (2) Produktion und Verbrennung von Heizöl, sowie (3) Produktion und Verbrennung von Erdgas. Als sog. „funktionale Einheit“ und somit die Basis für den Vergleich der Umweltwirkung wurde 1 kWh erzeugter Heizenergie gewählt. Die nach den ISO-Normen 14040-44 [9] durchgeführte Ökobilanz berücksichtigt nicht nur den Anbau von KUP und den Verbrennungsprozess (bzw. die Produktion von Heizöl oder Erdgas als Vergleichsszenario), sondern alle relevanten Hintergrundprozesse, wie z.B. Herstellung von nötigen Maschinen, Materialien, etc.. Die Bewertung der verschiedenen Umweltauswirkungen basiert auf der sog. ReCiPe LCIA Methodik [10], die den KUP-Einfluss auf achtzehn verschiedene umweltrelevante Prozesse bewertet (z.B. Treibstoffverbrauch, Bodenversauerung, Süßwassereutrophierung, etc.). Die potenziellen Umweltauswirkungen werden den drei Schadenskategorien „menschliche Gesundheit“, „Ökosystemschädigung“ und „Ressourcenver-

brauch“ zugeordnet, um am Ende nach entsprechender Gewichtung daraus einen Sammelindikator zu bilden.

Wenn man die CO₂-Bilanzierung für die Wärmeversorgung mit eigenem KUP-Holz, Erdgas und Öl vergleicht (s. Abb. 4a), so zeigt es sich deutlich, dass durch die Pflanzen bedingte CO₂-Speicherung im Boden die KUP-Wärmeversorgung den anderen zwei Energieträgern weit überlegen ist und somit großes Potenzial zur Reduzierung des Treibhauseffekts aufweist. Betrachtet man den Flächenverbrauch, so weisen die KUPs die niedrigsten Umweltwirkungen in der Kategorie Umwandlung von Naturflächen auf (s. Abb. 4b). Dies liegt unter anderem daran, dass in dem gewählten KUP-Modell keine Naturflächen umgebrochen werden um das Kurzumtriebsholz anzubauen sondern auf ungenutzten Gewerbeflächen angebaut wird. Dafür werden aber für den Anbau größere industrielle Flächen gebraucht als für das Heizöl- und Erdgas-Szenario (s. Abb. 4c). Der Wasser- und Mineralienverbrauch liegt insgesamt höher als für die konventionellen Heizenergieszenarien (s. Abb. 4e und f), dafür lässt sich der Verbrauch an fossilen Ressourcen aber durch KUP um 50-65% reduzieren.

Wenn man die Umweltwirkungen von Kurzumtriebsholz als Basis für die eigene Wärmeversorgung im Vergleich zur Ölheizung als gewichteten Sammelindikator darstellt (s. Abb. 5), zeigt die Nutzung von KUP eine um insgesamt 10% schlechtere Bilanz als das Heizöl-Szenario. Im Vergleich zur Erdgas-Nutzung fällt die Bilanz für KUP mit 55%-igen Anstieg des gesamten Umweltwirkungsindikators deutlich schwächer aus. Dies ergibt sich hauptsächlich durch die Düngung mit Gülle mit dem in diesem Szenario berücksichtigten Breitverteilterverfahren. Würde man das Injektionsverfahren einsetzen bzw. statt Gülle mit flüssigem Gärrest aus einer Biogasanlage düngen, so lassen sich die Auswirkungen bestimmter umweltrelevanter Prozesse reduzieren. In weiteren Szenarien wird derzeit geprüft, welche Optimierungen in den umweltrelevanten Prozessen zur Verbesserung der Umweltperformances der KUP-Nutzung beitragen könnten bzw. wie die Änderung der Anbaupraxis, z.B. die Umstellung des KUP-Düngemittels von Gülle auf flüssigen Gärrest, die einzelnen Umweltprozesse und dadurch die gesamte Bilanz beeinflussen würde.

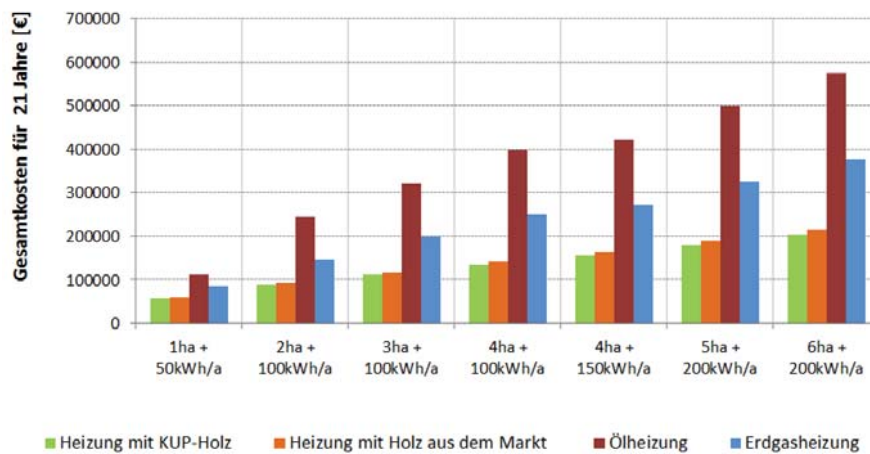


Abb. 6 Die Kapitalwert der Gesamtinvestition für verschiedene Heizungssysteme inklusive der Treibstoffkosten

Ökobilanzierung - Sammelindikator

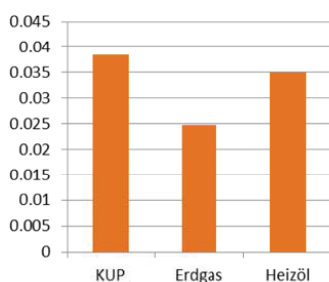


Abb. 5 Die Ergebnisse der Ökobilanzierung dargestellt als gewichteter Sammelindikator

Was kostet eine Kurzumtriebsplantage? Lohnt sich ihr Einsatz?

Die Wissenschaftler des CRTE haben ihre Kostenanalyse für ein Szenario entwickelt, in dem kein zusätzliches Land für die KUP-Plantage gepachtet werden muss, da hier zur Verfügung stehendes aber bisher ungenutztes Land bepflanzt wird. Die Weide im 3-jährigen Erntezyklus und 21-jähriger Lebensdauer wird zur Deckung des eigenen Heizwärmebedarfs auf einer Fläche von 1- 6 ha angebaut. Es wird mit einem jährlichen Holzertrag von 10.5 Tonnen Trockensubstanz pro ha und dem Heizwert von 16.7 GJ (4.63 MWh) per Tonne Trockenholz gerechnet. In der ökonomischen Auswertung wurden Kosten für folgende landwirtschaftliche Arbeiten berücksichtigt: Landvorbereitung (Behandlung mit Herbiziden, Fräsen, Eggen und Pflügen), Anpflanzen von Stecklingen (Einkauf von Pflanzmaterial, Voraufarbeitungsbehandlung mit Herbiziden, Bepflanzen mit einer Pflanzmaschine, mechanische Unkrautbekämpfung), Standortverwaltung und administrative Tätigkeiten, Ernte und Transport, sowie Entfernung der Plantage nach ihrer Lebensdauer. Alle diese Arbeiten werden von einem externen Unternehmen ausgeübt und dementsprechend durch den Betreiber bezahlt. Die Kalkulation beinhaltet auch die Investitions- und Wartungskosten einer Holzverbrennungsinstallation (50-200 kW je nach Szenario), sowie der Trocknungs- bzw. Lagerhalle für das Holz. Beide Investitionen werden mit einem 10-jährigen Kredit mit dem Basiszins von 2.5% finanziert. Bei der Kalkulation des Kapitalwertes der Gesamtinvestition wurden der Abzinsungsfaktor von 4% und der Inflationsindex von

3% (für Treibstoffe 5%) eingesetzt. Die Rechnung wurde exklusive Mehrwertsteuer durchgeführt. Um die Auswertung neutral zu halten wurden weder die in Luxemburg für die Landwirte auszahlbare Betriebsprämie noch die Subventionen für die Heizungsinstallation bzw. Holzlagerhalle berücksichtigt.

Laut der Kalkulation sind die Gesamtkosten für die Heizwärmeerzeugung mit Holz, sei es aus eigener Plantage oder aus dem Markt, um 48-65% niedriger als für die Ölheizung und um 32-45% niedriger als für die Erdgasheizung (s. Abb. 6). Die einmaligen Etablierungskosten einer KUP liegen bei etwa 2400€/ha. Abhängig von der Installationsgröße müssen für das Heizungssystem etwa 30.000€ (50 kW) bis 60.000€ (200 kW) zur Verfügung gestellt werden. Bei der Trocknungs- bzw. Lagerhalle fallen weitere 5500€/ha KUP an, während die Ernte und der Transport mit 1800€/ha der KUP anzurechnen sind. Werden alle bei der KUP-Produktion anfallenden Kosten aufsummiert, so kommt man auf jährliche Produktionskosten von 815 €/ha bis 1078 €/ha abhängig davon, ob die nötige Lagerhalle in der Gesamtrechnung berücksichtigt wird. Wenn das Holz von äquivalentem Heizwert auf dem freien Markt angeschafft wird, muss man mit Kosten von 1082€ bis 1170€ (inkl. Lagerraum) pro KUP ha-Äquivalent rechnen. Somit gleichen sich die Selbstproduktionskosten ohne irgendeine Subvention dem Beschaffungspreis vom Holz aus dem Markt (s. Tab 1) an. Die Kalkulation kann jedoch im Einzelfall stark abweichen (z.B. durch Probleme mit der regionaler Verfügbarkeit einer Erntemaschine). Muss die Ernteausrüstung über größere Distanzen geliefert werden, so können sich die Erntekosten stark erhöhen - in unserem auf einzelnen Erfahrungsberichten basierendem Szenario können sie auf bis zu 3500 €/ha steigen und somit die jährlich anfallenden Produktionskosten auf 1570 €/ha erhöhen.

Treibstoff	Äquivalent von 1 ha KUP (4.6 MWh)	Einkaufs- bzw. Produktionskosten
Hackschnitzel aus eigener	10.5 Tonnen TS	815 ^a – 1078 ^b €/a
Hackschnitzel aus dem Markt	10.5 Tonnen TS	1082 ^a – 1170 ^b €/a
Heizöl	4871 Liter	3665 €/a
Erdgas	4078 m ³	2474 €/a

Tab. 1 Die jährlichen Treibstoffkosten für verschiedene Heizungsinstallationen (^aohne Lagerungskosten, ^binklusive Lagerungskosten)

Fazit und Ausblick

Ein großes Hindernis zur Etablierung von KUPs in Luxemburg ist die unklare rechtliche Situation. Sofern man sich einen Beitrag zur Erreichung der Energieziele durch KUP erwartet benötigt das Land eine Entwicklungsstrategie die in erster Linie die Koordinierung zwischen den zuständigen Verwaltungen regelt und Unterstützung für die potenziellen KUP-Betreiber etabliert.

Laut ökonomischer Analyse gleichen die jährlich anfallenden Kosten der nicht-subventionierten KUP den Anschaffungskosten der Holzhackschnitzel aus dem Markt. Um die Entwicklung von KUP in Luxemburg nicht ausschließlich in Konkurrenz zur Nahrungsproduktion (also auf Agrarflächen) zu stimulieren, sondern auch andere Flächen zu mobilisieren, wäre es zweckmäßig die Etablierung der Plantage bzw. die Ernte finanziell zu unterstützen, unabhängig vom Status des Betreibers der Pflanzung. Also, eine breitere Unterstützung als die Betriebsprämien und Subventionen die nur den Landwirten zur Verfügung stehen. Somit würde man möglicherweise auch den Anreiz für nicht-Landwirte schaffen die KUP zu bewirtschaften auch wenn das Potential für solche Flächen in Luxemburg sicher als relativ gering einzuschätzen ist. Die Situation auf dem Holzmarkt in Europa wird immer angespannter, da immer mehr Holz für die stoffliche und energetische Verwertung gebraucht wird. Sollten in der Zukunft die Marktpreise vom Holz kräftiger steigen als die hier angenommenen 5% pro Jahr, kann eine eigene kleinflächige KUP die Versorgungssicherheit des Eigentümers deutlich erhöhen. Der lokale Anbau von Energieholz kann auch eine attraktive Alternative zu Holzimporten darstellen, da die lokalen KUPs den regionalen Arbeitsmarkt unterstützen und das ausgegebene Geld zum großen Teil im Lande verbleibt.

Die vorläufigen Ergebnisse der Ökobilanzierung zeigen, dass die KUP-bezogenen Heizsysteme ein erhebliches Potenzial zur CO₂-Reduktion (durch Speicherung biogenen Kohlenstoffes) und zur Senkung der Abhängigkeit von fossilen Energieträgern aufweisen, im Vergleich zu Heizöl bzw. Erdgas. Dennoch, hauptsächlich aufgrund der durch die Düngung mit Gülle (und Ausbringung durch Breitverteiler) verursachten negativen Effekten in der Kategorie Human-toxizität, fällt die gesamte Umweltbilanzierung für KUP im

Vergleich zur Heizöl und Erdgas leicht bis stark ungünstig aus. Das CRTE prüft derzeit die möglichen Verbesserungsszenarien, um die Umweltwirkungen zu reduzieren und ist optimistisch das durch Anpassungen der Anbaupraxis ein positiveres Endergebnis erreicht werden kann.

Danksagung

Die Autoren danken Ian Vázquez-Rowe von CRTE für die Ökobilanzierung, und den flämischen Projektpartnern - Pieter Verdonck und Willem Boeve von Inagro sowie Viooltje Lebuf von POM West-Vlaanderen für die Daten und den Knowhow-Transfer. Ein weiterer Dank gilt Herrn Georges Kugener von ANF und Herrn Jean-Paul Didier von SER, sowie Herrn Steve Koch für den tieferen Einblick in die Situation um KUP in Luxemburg.

www.tudor.lu

Referenzen:

- [1] Europäische Kommission, (2010): Energie 2020. Eine Strategie für wettbewerbsfähige, nachhaltige und sichere Energie. Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäische Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. Brüssel, 10.11.2010.
- [2] NREAP, (2010): Luxemburger Aktionsplan für erneuerbare Energie. Luxemburg, Juli 2010.
- [3] K. Golkowska, D. Koster, (2012): Stärkung der energetischen Nutzung von Biomasse. In: Cahier Scientifique, Revue Technique Luxembourgeoise, 2/2012, s.14-15.
- [4] P. Biermayr, C. Cremer, T. Faber, L. Kranzl, M. Ragwitz, G. Resch, F. Toro, (2007): LUXRES-Studie. Bestimmung der Potenziale und Ausarbeitung von Strategien zur verstärkten Nutzung von erneuerbaren Energien in Luxemburg. Endbericht. Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung, Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung, BSR-Sustainability, Karlsruhe.
- [5] RUBIN, (2007): 2. Zwischenbericht des RUBIN-Projektes (Regionale Strategie zur nachhaltigen Umsetzung der Biomasse-Nutzung) im Rahmen des Interreg III A Programm De Lux. IfaS, CRP Henri Tudor/CRTE, AEL Luxemburg, SWT Birkenfeld.
- [6] G. Bronner, (2012): Bioenergie in Luxemburg – nachhaltig ausbauen. Studie durchgeführt von Landesnaturschutzverband Baden-Württemberg in Auftrag von Mouvement Ecologique.
- [7] RGD, (2011) : Règlement grand-ducal du 25 novembre 2011 portant application, au Grand-Duché de Luxembourg, du régime de paiement unique, de la conditionnalité et du système intégré de gestion et de contrôle dans le cadre de la politique agricole commune.
- [8] European Commission, (2013): Q&A: next steps for the Common Agricultural Policy (CAP) reform, Brüssel, 11.04.2013, http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-13-324_en.htm.
- [9] ISO 14040-44 (2006): Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework. International Organization for Standardization.
- [10] ReCiPe LCIA, (2013): Quick introduction into ReCiPe LCIA Methodology. <http://www.lcia-recipe.net>.



RETHINK INNOVATION THINK TUDOR

As a leader in applied research in Luxembourg, Tudor responds to your needs by mobilising its scientific and technological competences in nine innovation programmes, each targeting specific challenges.

MANUFACTURING INDUSTRY

CONSTRUCTION

ECOTECHNOLOGY

MOBILITY

TRANSPORT & LOGISTICS

HEALTH

PUBLIC SERVICES

INNOFINANCE

HUMAN CAPITAL

tudor
PUBLIC RESEARCH CENTRE HENRI TUDOR

Innovating together

For further information: www.tudor.lu/innovation-programmes

Le Fonds National de la Recherche luxembourgeois et la Région Lorraine financent un programme d'aide aux réseaux transfrontaliers de coopération de recherche entre la Lorraine et le Luxembourg visant à soutenir les équipes de recherche publiques lorraines et luxembourgeoises dans leur effort de coopération scientifique transfrontalière en vue de la mise en place d'un réseau dans le domaine de l'eau.



RésEAU-LorLux

RÉSEAU TRANSFRONTALIER LORRAINE-LUXEMBOURG SUR LA PROTECTION DES RESSOURCES EN EAU_

Prof. Dr. Lucien Hoffmann



1. Descriptif général du projet

Le territoire transfrontalier Lorraine – Luxembourg (LorLux) est caractérisé par son passé minier et industriel, par un patrimoine hydrographique commun, constitué par le bassin de la Moselle. L'occupation des terres des deux Régions Lorraine et Luxembourg présente de fortes similarités, menant aux mêmes enjeux et défis en ce qui concerne la protection des ressources en eau. La qualité des eaux de surface peut se trouver altérée par l'introduction de contaminants chimiques ou microbiologiques. Ces micropolluants induisent notamment des effets perturbateurs endocriniens et/ou génotoxiques, d'où la nécessité d'une politique de protection des écosystèmes, de l'amélioration de l'efficacité et de la fiabilité des filières d'assainissement des eaux usées urbaines ou industrielles et de celles de la production et de la distribution des eaux potables. L'évaluation objective des risques sanitaires, de même que le développement de stratégies de contrôle et de réduction des contaminants demandent à ce niveau un effort scientifique pluridisciplinaire et un transfert des connaissances vers les opérateurs du secteur de l'eau.

En Lorraine, la Zone Atelier du bassin de la Moselle agrège une cinquantaine de chercheurs et enseignants-chercheurs

autour de sites ateliers et de stations expérimentales, grâce notamment à un contrat de plan Etat-Région et au soutien du CNRS. Au Luxembourg, les centres de recherche public Gabriel Lippmann et Henri Tudor, ainsi que l'Université du Luxembourg ont développé des activités de recherche et d'innovation autour de la thématique eau, soutenus en cela notamment par les programmes du Fonds National de la Recherche (FNR). Conscientes de ces points communs, les structures de recherche luxembourgeoises et lorraines ont souhaité constituer un réseau transfrontalier, afin de partager leurs connaissances, leur expertise et leurs infrastructures, de confronter leurs pratiques et de transposer les expériences les plus efficaces.

Les **objectifs transversaux** du RésEAU-LorLux se structurent autour de trois idées fortes et ambitieuses:

_Mieux connaître la ressource en eau de ce territoire transfrontalier en vue de mieux la gérer et de préserver sa qualité.

_Renforcer la recherche scientifique et technologique autour de l'eau en créant les conditions d'accueil, de collaboration et de rencontre de scientifiques en vue d'un positionnement international.

_Favoriser la valorisation des résultats, le transfert technologique, de même que l'insertion professionnelle des jeunes chercheurs vers les différents opérateurs publics et privés dans le domaine de l'eau.

Au vu de: (1) la diversité des activités en lien direct avec l'occupation des terres, (2) l'identification des principaux problèmes émergents liés à la gestion de la qualité des eaux, et (3) des activités de recherche des équipes participantes, 5 axes ont émergé pour structurer et dynamiser le réseau.

Axe I - Produits pharmaceutiques

Plus de 3 000 médicaments à usage humain et 300 médicaments vétérinaires sont actuellement commercialisés. Les substances biologiquement actives contenues dans chaque spécialité pharmaceutique se caractérisent par une grande diversité de structures chimiques. Les résidus de médicaments sont retrouvés sous leur forme initiale ou sous la forme d'un ou

plusieurs métabolites dans les sols, en ce qui concerne la plupart des médicaments vétérinaires, dans les réseaux d'assainissement et au final les eaux de surface. Les flux de micropolluants et leurs concentrations dans le milieu récepteur, parfois proches des seuils d'écotoxicité, varient selon les quantités rejetées, la biodégradabilité des molécules et leurs propriétés physiques (par exemple leurs affinités avec les sédiments), et les capacités des installations d'assainissement (stations de traitement des eaux usées) à éventuellement les éliminer ou les transformer. Les effets chroniques des mélanges ne sont pas connus et difficiles à évaluer. De nombreuses observations, telle la «féminisation» des poissons causée par les perturbateurs endocriniens, confirment le risque environnemental associé à ces substances. Au vu de l'immense diversité des molécules à suivre dans le milieu naturel, associée à une grande diversité des situations locales (capacité de la station, taille de l'agglomération, hydrodynamique du cours d'eau récepteur, etc.), la sélection de molécules modèles et de sites d'études modèles est obligatoire.

Actions de recherche:

- _Evaluer la présence des composés pharmaceutiques dans les eaux de surface et modéliser leurs flux.
- _Créer de nouvelles méthodes de mesure de la toxicité.
- _Evaluer leurs effets sur les stations d'épuration.

Axe II - Pesticides et Nitrates

L'évaluation des risques des pesticides dans les eaux souterraines et de surfaces reste un des défis scientifiques majeurs dans l'implémentation de la Directive Cadre Eau. La dynamique du lessivage, les temps de transit, les fortes variations d'exposition dans les eaux de surfaces ainsi que la prédiction de l'impact écologique des mélanges de pesticides ont aussi des spécificités régionales liées à la pratique de l'utilisation des produits phytopharmaceutiques et des propriétés hydrogéologiques des bassins versants. Au Luxembourg, la pollution par nitrates et pesticides des aquifères assurant l'approvisionnement en eau potable est quasi généralisée et appelle à des programmes cohérents de gestion de l'épandage de nutriments et de pesticides. Dans les eaux de surface, malgré un dispositif de surveillance se limitant aux substances prioritaires, le seuil des standards de

qualité environnementale est dépassé périodiquement pour les pesticides ce qui donne une indication sur l'ampleur du phénomène des écoulements de surface des produits phytopharmaceutiques. Les contaminations par les pesticides et leurs métabolites sont devenues le principal enjeu de la préparation du Xème programme de l'Agence de l'eau Rhin-Meuse et des 530 captages Grenelle dont le retour au bon état est devenu un enjeu majeur de la politique de l'eau en France. De plus, les progrès analytiques nous permettent maintenant de pouvoir suivre des ressources en eau, avec une bonne capacité de détermination des molécules mères et de leurs résidus.

Actions de recherche proposées:

- _Améliorer les méthodes de surveillance des pressions agricoles (pesticides et azote).
- _Modéliser le lessivage de pesticides vers les ressources en eau.
- _Créer un réseau «grand régional» sur les dispositifs de remédiation.
- _Evaluer les effets des pesticides.

Axe III - Pathogènes microbiens

Actuellement, les données quantitatives sur le niveau de contamination microbiologique le long du linéaire Moselle restent assez éparses, surtout lorsqu'il s'agit de déterminer conjointement la présence de bactéries, cyanotoxines, virus ou protozoaires impliqués dans des épidémies d'origine aquatique. Le bruit de fond relatif à l'occurrence et à la circulation de ces pathogènes dans ces milieux aquatiques et dans des contextes non épidémiques est mal documenté, voire inconnu. Les souches ou sérotypes en circulation, leur origine précise, leur état de viabilité ou d'infectiosité ou encore l'influence de la qualité physico-chimique des eaux sont peu explorées. La part des pathogènes piégés et concentrés dans la phase sédimentaire du lit de la rivière, pouvant être mobilisée à tout moment lors d'épisodes de crues est sous-estimée. Pourtant, ces pollutions ponctuelles peuvent accroître considérablement la concentration en micro-organismes pathogènes au niveau des points de captage pour l'eau potable. De manière plus générale, la relation entre les niveaux de contamination et l'hydrodynamique du système fluvial reste pratiquement inexplorée.

Actions de recherche proposées:

- _Analyse critique des données microbiologiques et définition d'un plan d'action pour combler les lacunes concernant l'occurrence des pathogènes dans le bassin transfrontalier de la Moselle.
- _Analyse des mécanismes déterminant la distribution spécifique des pathogènes microbiens dans la masse d'eau et dans le sédiment.
- _Dynamique des transferts de gènes dans la matière en suspension fluviale et dans les sédiments.
- _Définition des besoins en matière de méthodes d'évaluation du caractère infectieux des pathogènes présents.

Axe IV - Métaux, Nanoparticules et HAP

Les métaux et les hydrocarbures polycycliques représentent des contaminants ubiquistes des écosystèmes aquatiques. Leur présence est le plus souvent liée aux activités minières et industrielles qui furent importantes en Région Lorraine et au Luxembourg. Plus récemment, les nanomatériaux, incluant les nanoparticules, ont fait leur apparition dans de très nombreux processus industriels capables d'atteindre le consommateur final. Alors que ces nanomatériaux manufacturés peuvent rejoindre le compartiment aquatique, ils peuvent être également utilisés pour la remédiation des sites pollués. Ces trois classes de composés, capables d'interagir entre elles, sont reconnues pour affecter de nombreux processus biologiques dans les sols, les eaux souterraines et de surface, mais aussi au niveau des stations de traitement des eaux usées. Les composés sont susceptibles directement ou indirectement d'affecter les organismes aquatiques particulièrement aux niveaux trophiques les plus bas induisant potentiellement des conséquences au niveau du fonctionnement des écosystèmes.

Actions de recherche proposées:

- _Dynamique des processus réactifs entre systèmes biotiques ou abiotiques et métaux lourds.
- _Devenir et effets des nanoparticules sur les écosystèmes aquatiques.
- _Transfert et distribution des contaminants organiques et minéraux sur le bassin de la Moselle (ex. Moselle et Alzette).

Axe V - Eaux et Forêts

Les écosystèmes forestiers (850.000 ha, soit 35% du territoire lorrain et 88.000 ha, soit plus du tiers du territoire luxembourgeois) procurent des services écologiques essentiels, qu'il s'agisse de service d'approvisionnement (ex. bois), de soutien (ex. cycle des éléments), de régulation (eau) ou culturel (ex. récréatif). La forêt joue notamment un rôle clé dans le cycle de l'eau, intervenant à la fois sur des aspects quantitatifs (p. ex. interception des précipitations par la canopée, stockage de l'eau par les sols) et qualitatifs (p. ex. pouvoir épurateur de la forêt). Cependant, cet écosystème est très sensible aux modifications des conditions environnementales. Or, la pression exercée sur la forêt est en constante augmentation du fait des effets du changement climatique d'une part et de l'explosion de la demande de bois énergie et de construction d'autre part. L'objectif majeur de cet axe de recherche est de mieux comprendre l'impact de différents facteurs environnementaux et anthropiques sur les volets quantitatifs et qualitatifs du cycle de l'eau en forêt.

Actions de recherche proposées:

- _Impact du climat sur le cycle de l'eau en forêt.
- _Influence des conditions édaphiques sur la qualité de l'eau et sur les cycles biogéochimiques.
- _Impact des pratiques sylvicoles sur la qualité de l'eau et sur le fonctionnement global de l'écosystème forestier.

2. Dimension transfrontalière du projet et sa contribution à l'intégration du territoire grand-régional

Avec la Moselle comme cours d'eau commun, l'eau est sans aucun doute un domaine de grand intérêt transfrontalier, aux niveaux environnemental, sanitaire et économique. Au total 16 structures de recherche lorraines et 3 institutions luxembourgeoises (CRP-Gabriel Lippmann, CRP- Henri Tudor, Université du Luxembourg), représentant l'essentiel des forces de recherche dans le domaine de l'eau au Luxembourg et en Lorraine, ont pu être mobilisées pour la constitution de ce réseau. Afin de veiller à la mise en place de cette intégration territoriale, le Réseau, mais aussi chaque axe thématique sont coordonnés par un binôme lorrain-luxembourgeois. Au-delà des 'membres fondateurs', le réseau reste ouvert à de

nouveaux membres et ambitionne d'avoir un impact au-delà du territoire LorLux en invitant pour une participation active aux différentes actions des collègues de la Sarre, de Rhénanie-Palatinat et de la Région wallonne, afin de constituer, dans une deuxième étape, un RésEAU-Grande Région.

3. Impact du projet vers la société

La compréhension et la maîtrise des effets de l'activité anthropique sur la qualité des milieux aquatiques répondent à des enjeux:

_environnementaux: comprendre et préserver les milieux aquatiques, atténuer les effets de l'activité humaine;

_sanitaires: veiller à la sûreté des approvisionnements en eau potable et potabilisable;

_économiques: l'eau représente une ressource alimentaire mais aussi économique (agriculture, industrie).

Ce programme a ainsi également comme objectif le transfert technologique vers les opérateurs dans le domaine de l'eau au niveau de LorLux (CUGN, Agence de l'Eau Rhin-Meuse, Chambres d'Agriculture, DRAF, DIREN, DRIR, administration de la gestion de l'eau, syndicats de production d'eau potable, syndicats de traitement de l'eau, ...), et utilisateurs (Industriels majeurs, Norske Skog-Moselle, Novacarb-Meurthe, Arcelor-Moselle, communautés urbaines, agriculteurs, associations de pêche, pisciculteurs...). Par ailleurs la région LorLux doit augmenter son attractivité afin de développer son potentiel scientifique et économique. La mise en réseau des savoirs et de la culture scientifique est de nature à positionner la région LorLux comme un territoire actif dans le domaine de la gestion de la qualité de l'eau.

4. Conclusions

Ce projet réunit les principaux acteurs de recherche dans le domaine de l'eau aux niveaux lorrain et luxembourgeois et est coordonné du côté luxembourgeois par Lucien Hoffmann du Département Environnement et Agro-biotechnologies (EVA) du CRP-Gabriel Lippmann et du côté lorrain par Emmanuelle Montargès-Pelletier, chercheuse CNRS au Laboratoire interdisciplinaire des environnements continentaux à l'UMR 7360 CNRS-Université de Lorraine. Les différentes équipes participant au projet ont par le passé fait la preuve de leur compétence au niveau scientifique,



par la participation à des programmes nationaux et internationaux. La mise en réseau de multiples compétences, mais aussi la mutualisation de grandes infrastructures de laboratoire et de terrain, permettront de constituer une masse critique pluridisciplinaire de chercheurs autour de la thématique de l'eau, et permettront de plus particulièrement aborder des thématiques de recherche complexes et multidisciplinaires. La complémentarité des approches scientifiques et techniques de chaque région, est un véritable atout pour la réussite de ce projet.

La constitution du réseau transfrontalier de chercheurs du RésEAU-LorLux permettra de renforcer la recherche scientifique et technologique autour de l'eau en favorisant la mobilité des étudiants et chercheurs, en incitant de nouvelles collaborations, mais aussi en améliorant la valorisation des résultats, le transfert technologique, de même que l'insertion professionnelle des jeunes chercheurs dans un contexte transfrontalier. Les différentes actions prévues pour les deux années 2012-2014 mèneront à l'émergence d'actions de recherche communes dont le financement à plus long terme sera assuré par la soumission de programmes communs (ANR, FNR, européen, ...). Le renforcement des collaborations existantes et l'initiation de nouvelles collaborations permettront de créer une dynamique de collaboration à long terme qui devrait permettre de pérenniser ce réseau au-delà de la durée du projet, voire de l'étendre à la Grande Région.

www.lippmann.lu

In der Vergangenheit tauchte das Thema der Energiewende nur von Zeit zu Zeit in den Medien auf. Aktuell hingegen wird dieser Kontext vermehrt diskutiert. Allein schon aus dieser Tatsache heraus lässt sich die Wichtigkeit dieser Diskussion ableiten. Politiker stimmen beispielsweise über Gesetze zur Förderung regenerativer Energien ab. Diese wiederum beeinflussen, wie sich unsere zukünftige Energielandschaft entwickeln soll.

geographische und wirtschaftliche Auswirkungen_

DIE ENERGIELANDSCHAFT DER ZUKUNFT IN DER REGION TRIER_

Stefan Beyer

1 Die Energiewendediskussion

Daher stellt sich die Frage, wie die Energielandschaft der Zukunft aussehen könnte. Im Interesse Aller sollte es sein, das zu lösende Energieproblem gemeinsam motiviert anzugehen und konkrete Pläne zu erarbeiten sowie diese in die Tat umzusetzen. So stellt sich die Frage, wie ein konkretes Konzept mit klaren Zielvorgaben zum Beispiel für das Jahr 2030 in der Politik gesehen beziehungsweise entwickelt werden kann.

Hierbei spielt der Gedanke der Nachhaltigkeit eine zentrale Rolle. Dabei ist zunächst zu sagen, dass die Energiewende in den Nachrichten besonders im Zusammenhang mit der Reaktorkatastrophe in Fukushima an Aufmerksamkeit gewonnen hat. Im Fokus steht seither das Abschalten der Atomkraftwerke. So sollen bis 2022 alle „Atommeiler“ innerhalb Deutschlands vom Netz gehen. Als Ersatz für die dann nicht mehr vorhandene Energiequelle sollen die erneuerbaren Energieträger dienen. Allerdings wird gleichzeitig angesprochen, dass möglicherweise als Ersatz zur Ergänzung der regenerativen Energieträger die fossilen Energiequellen herangezogen werden könnten. Letztendlich beinhaltet der Gedanke der Energiewende vielmehr die Reduktion der fossilen Energieträger bis hin zur völligen angestrebten Umstellung auf die erneuerbaren Energieformen (vgl. FINANCIAL TIMES DEUTSCHLAND 2012, o. S.).

Des Weiteren sind immer wieder Bilder von Überschwemmungen und Dürren zu sehen. Vor dem Hintergrund des Klimawandels ist es notwendig, den Ausstoß des Treibhausgases CO₂ deutlich zu verringern, um so den heute schon unvermeidbaren Anstieg der globalen Temperatur einzudämmen. Klimaforscher warnen vor extremeren Naturkatastrophen bei weltweiter Erwärmung. Ein weiterer Punkt ist die Endlichkeit der fossilen Rohstoffe. Deswegen ist es unvermeidbar die Energiewende, weg von den fossilen Brennstoffen hin zu den regenerativen Energien, zu bewältigen. Nur so kann es gelingen nachfolgenden Generationen eine lebenswerte Umwelt zu hinterlassen. Weiterhin besteht bei dieser intergenerationalen Gerechtigkeit die Verantwortung für die in Zukunft auf der Erde lebenden Menschen bereits heute eine Grundlage zu schaffen, um das Energieproblem zu lösen. Heutzutage machen schon

steigende Energiekosten Sorgen. Die Verknappung der Ressourcen wie beispielsweise des Erdöls wird dazu beitragen, dass die Preise für Energie steigen werden. Zusätzlich wird dieser Gesichtspunkt durch den immer stärker aufkommen den Energiebedarf der Schwellen- und Entwicklungsländer beeinflusst. Jetzt stellt sich die Frage was passieren würde, wenn die Lagerstätten der fossilen Energieträger immer weiter erschöpft werden. Dieser Aspekt der Endlichkeit stellt für unsere Gesellschaft eine große Herausforderung dar. Um die Lebensqualität halten zu können, führt kein Weg an der Umgestaltung der Energielandschaft vorbei.

Die Umstellung des Energiesystems kann aber auch als Chance gesehen werden. Viele neue Arbeitsplätze entstehen in diesem neuen Industriezweig. Deutschland ist international als Vorreiter in der Branche der erneuerbaren Energien angesehen und wird als günstiger Wirtschaftsstandort betrachtet. Die Tatsache, dass der Anteil der Unternehmen aus Deutschland 30 Prozent am Weltmarkt ausmacht, soll diese Aussage belegen. Heute sind Maschinenbau und Autoindustrie Schlüsselbranchen für die deutsche Wirtschaft. Zukünftig könnten die erneuerbaren Energien diese Rolle einnehmen. Burkhard Schwenker, Chef des Beratungsunternehmens Roland Berger, spricht davon, dass dies „die Boombranche des 21. Jahrhunderts“ (PREUSS 2008, S. 250) sein wird. Weiterhin geht er davon aus, dass „2020 dort mehr Menschen beschäftigt sein werden als im deutschen Automobil- und Maschinenbau zusammen“ (PREUSS 2008, S. 250). Das Hamburgische Welt-Wirtschaftsinstitut prognostiziert für Deutschland, dass vor allem ein Anstieg der Arbeitsplätze im Bereich der Herstellung von Windkraftanlagen zu verzeichnen sein wird. Demnach sollen dort dann 200.000 Menschen beschäftigt sein. Weitere 170.000 Beschäftigte sollen bei der Energiegewinnung aus Biomasse und 100.000 bei der Solarenergie zu verzeichnen sein (vgl. PREUSS 2008, S. 245 ff.).

Ein weiterer Aspekt wäre die regionale Wertschöpfung. Kommunen können mehr Einnahmen generieren. Die Steuer- und Pachteinnahmen steigen. Im Jahr 2011 wird vom Institut für ökologische Wirtschaftsförderung die regionale Wertschöpfung aufgrund der regenerativen Energien mit 6,6 Milliarden Euro beziffert. Für die Zukunft gehen die Prognosen davon aus, dass diese Zahlen deutlich ansteigen werden.

Energieart	Verbrauch in GWh	Anteil	Erzeugung in GWh	Anteil Erneuerbare
Strom	3.015	23,0%	1.546	51,3%
Wärme	6.715	51,3%	459	6,8%
Kraftstoff (PKW)	3.370	25,7%	k. A.	k. A.
Gesamt	13.100	100,0%	2.005	15,3%

Tabelle 1_ Energiebedarf Region Trier 2010

Quelle: Eigene Darstellung nach ENERGIEAGENTUR REGION TRIER STATISTIK 2012

Energieart	Verbrauch in GWh	Anteil	Erzeugung in GWh	Anteil Erneuerbare
Strom	3.679	62,8%	4.523	122,9%
Wärme	2.179	37,2%	2.635	120,9%
Gesamt	5.859	100,0%	7.158	122,2%

Tab. 2_ Energiebedarf Region Trier 2060

Quelle: Eigene Darstellung

	2.020	2020*	2.040	2040*	2.060	2060*
Strom	580	626	850	1.130	2.491	2.041
Wärme	466	548	532	989	580	1.786
Kraftstoff	550	672	553	1.213	0	2.191
Gesamt	1.596	1.845	1.936	3.332	3.070	6.018
*Energiekosten ohne Ausbau der Erneuerbaren						

Tab. 3_ Prognose Energiekosten Region Trier in Millionen €

Quelle: Eigene Darstellung

Dadurch gewinnen die Vorteile der erneuerbaren Energien weiter an Kraft (vgl. SÜDWESTRUNDFUNK 2012, o. S.).

2 Arten der Energieträger

Bevor nun ein mögliches Bild von der Energielandschaft der Zukunft in der Region Trier versucht wird darzustellen sowie dessen geographische und wirtschaftliche Auswirkungen zu skizzieren, sollen die verschiedenen Arten der Energieträger vorgestellt werden.

Zu unterscheiden sind die fossilen sowie die regenerativen Energieträger. Bei den fossilen Ressourcen sind Erdöl, Erdgas, Stein- und Braunkohle sowie Uran zu erwähnen. Bei den erneuerbaren Energieträgern sind Windkraft, solare Strahlung, Biomasse, Wasserkraft und Erdwärme zu nennen. Im Zusammenhang mit der Erwähnung der einzelnen Energieträger soll zum einen auf die Endlichkeit der fossilen Energieträger hingewiesen und zum anderen das Ausbaupotential der regenerativen Energien erwähnt werden. Daraus ergibt sich, dass auf Energiespeicher eingegangen werden muss, da die erneuerbaren Energien nicht immer in der gleichen Art und Weise zur Verfügung stehen. Anders formuliert, wenn einmal die Sonne nicht scheint und kein Wind herrscht, bedarf es trotzdem an Energie, um beispielsweise Industrie und Haushalte mit Strom beziehungsweise Wärme zu versorgen.

Pumpspeicherkraftwerke stellen zum Beispiel eine Möglichkeit dar, wie der überschüssig produzierte Strom zwischengespeichert werden kann. Die Speicherkapazität reicht jedoch nicht an die von synthetisch hergestelltem Methan heran. Allerdings besitzt ein Pumpspeicherkraftwerk einen wesentlich höheren Wirkungsgrad. Er kann das mehr als Doppelte von dem erreichen, was mit synthetisch hergestelltem Methan (Wirkungsgrad von ca. 35 %) möglich wäre. Hierzu muss sich die Funktionsweise eines Pumpspeicherkraftwerks vor Augen geführt werden. Im Gegensatz zu Laufkraftwasserwerken wird bei diesem Beispiel ein größerer Höhenunterschied genutzt. Zudem basiert ein Pumpspeicherkraftwerk auf zwei künstlich angelegten Seen. Das Wasser wird mit Hilfe einer Pumpe aus dem Unterbecken in das Oberbecken befördert. Dies geschieht durch elektrische Energie. Anschließend liegt diese in gespeicherter Form von potenzieller Energie im Oberbecken vor. Bei Bedarf kann

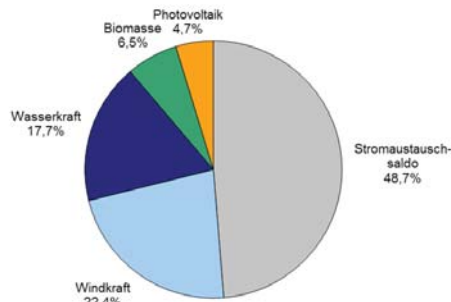


Abb. 1_ Bruttostromerzeugung Region Trier 2010

Quelle: Eigene Darstellung nach ENERGIEAGENTUR REGION TRIER STATISTIK 2012

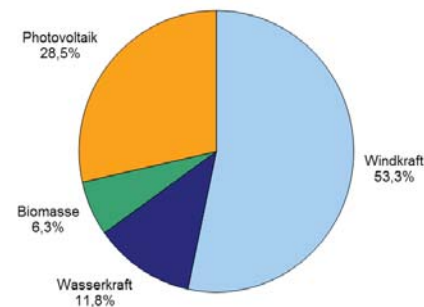


Abb. 2_ Bruttostromerzeugung Region Trier 2040

Quelle: Eigene Darstellung

dann wieder das Wasser durch Fallrohre und über eine Turbine zurück in Strom umgewandelt werden. Dadurch ist es möglich Netzschwankungen zu regeln (vgl. DEUTSCHE ENERGIE-AGENTUR 2010, S. 6 ff.).

3 Die Energielandschaft in der Region Trier

Bei der Beschreibung des Status Quo der Energielandschaft in der Region Trier konnte nach dem Ermitteln und Erfassen aller Energiedaten herausgefunden werden, dass bereits heute über die Hälfte des Stromverbrauchs bilanziell durch die regenerativen Energieträger abgedeckt werden kann. Dies ist in Tabelle 1 dargestellt. Abbildung 1 zeigt, wie sich die Bruttostromerzeugung der Region Trier zusammensetzt.

4 Zukünftige Entwicklungsmöglichkeiten

Nachdem die Energiedaten der Region Trier erfasst wurden, konnte ein Modell entwickelt werden, welches erlaubte die benötigten Energiemengen für die einzelnen Energielandschaften der Jahre 2020, 2040 sowie 2060 zu prognostizieren. Neben der Verbraucherseite wurde genauso die Erzeugerseite berücksichtigt. Daneben spielt der demographische Wandel ebenfalls eine entscheidende Rolle. Dementsprechend ist es interessant anzuschauen, wie sich die Verteilung der Energieerzeugungsarten zukünftig zusammensetzt. Ein Vergleich zu dem derzeitigen Stand des Energiemix ist anzuführen. Dem gesamten Modell liegt der Gedanke zu Grunde, dass zukünftig keinerlei fossile Energierohstoffe mehr benötigt werden. Personenkraftwagen, die mit fossilen Brennstoffen betrieben wurden, werden durch insgesamt 240.132 Elektrofahrzeuge im Jahre 2060 ersetzt. Weiterhin werden Energiespeicher in ausreichender Form vorgehalten, um so den Energiebedarf zu regeln. Insbesondere ist hier das synthetisch hergestellte Methan zu nennen, für welches zusätzlich Energie erzeugt werden muss. Alle getroffenen Annahmen beschreiben ein Positivszenario. Exemplarisch wird nachfolgend das Wesentliche dargestellt. Tabelle 2 zeigt den Energiebedarf der Region Trier im Jahr 2060. Weiterhin ist in Abbildung 2 zu erkennen, wie sich die Bruttostromerzeugung zusammensetzt, wenn alle Ziele für den Ausbau der erneuerbaren Energien umgesetzt werden.

Im Folgenden sind verschiedene Diagramme aufgeführt, die zeigen, wie sich die Energielandschaft der Zukunft in

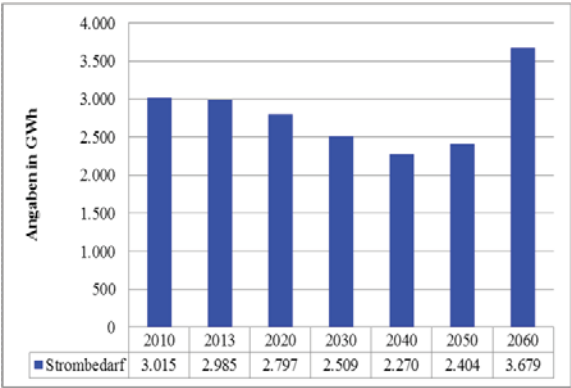


Abb. 3_ Prognose Strombedarf Region Trier ohne Methanherzeugung
Quelle: Eigene Darstellung

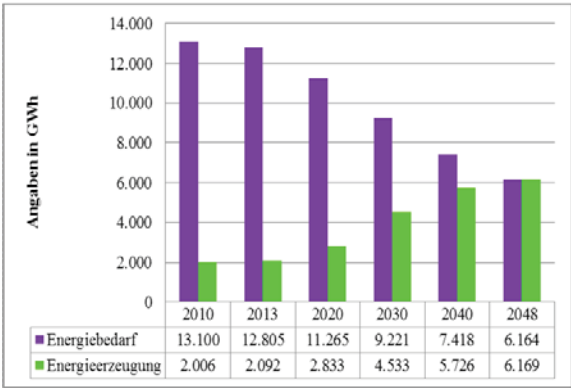


Abb. 5_ Prognose Energiebedarf und Energieerzeugung Region Trier
Quelle: Eigene Darstellung

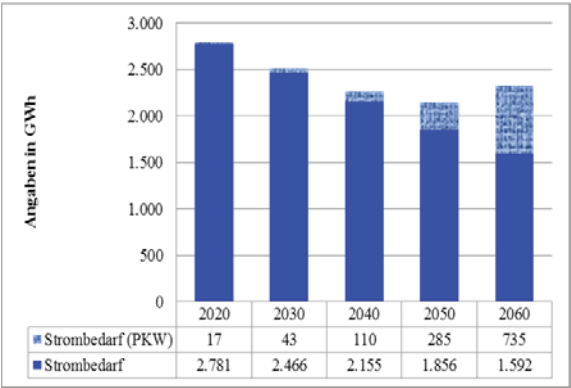


Abb. 4_ Prognose Strombedarf Region Trier Energieautarkie
Quelle: Eigene Darstellung



Abb. 6_ Panorama Flächeninanspruchnahme Pumpspeicherkraftwerk
Quelle: STADTWERKE TRIER



Abb. 7_ Stromtrasse Osburg und Windkraftanlagen Waldrach
Quelle: Eigene Aufnahmen 2012



Abb. 8_ Photovoltaikanlagen
Quelle: STADTWERKE TRIER und Eigene Aufnahmen 2012



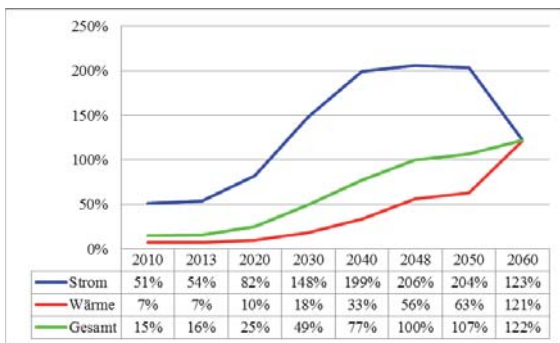


Abb. 9. Anteil regenerativer Energieerzeugung am Energiebedarf Region Trier
Quelle: Eigene Darstellung

der Region Trier entwickeln könnte. Die daran angeschlossenen Fotos sollen geographische Auswirkungen, die mit der Umstellung des Energiesystems einhergehen, veranschaulichen. Zusammengefasst lässt sich feststellen, dass die Kulturlandschaft von morgen zum Teil durch regenerative Erzeugungsanlagen, neue Stromtrassen sowie dem geplanten Pumpspeicherkraftwerk verändert wird.

5 Fazit

Das Ziel der Arbeit „Die Energielandschaft der Zukunft in der Region Trier – geographische und wirtschaftliche Auswirkungen“ war es zu versuchen ein mögliches Bild für die Energielandschaft der Zukunft in der Region Trier zu schaffen. Weiterhin sollten geographische und wirtschaftliche Auswirkungen, die mit den damit zusammenhängenden Entwicklungen einhergehen könnten, aufgezeigt werden. Daher werden nachfolgend die wichtigsten Ergebnisse und Gedanken zusammengefasst dargestellt.

Um einen Überblick über das Thema zu erhalten, wurde zunächst dokumentiert, was unter der Energiewende verstanden wird. Dabei kann festgehalten werden, dass die heutige Energiewirtschaft, welche in der jetzigen Form vorliegt, in Zukunft nicht mehr zu tragen sein wird. Aufgrund der derzeitigen Abhängigkeit von den fossilen Energieträgern muss die Umstellung auf die erneuerbaren Energien erfolgen. Bereits unter dem Punkt „Energiewendediskussion“ wurde die Energieproblematik besprochen, die mit der Endlichkeit der fossilen Ressourcen einhergeht. Weiterhin spielen die Aspekte des Klimawandels eine bedeutende Rolle. Um das Ziel zu erreichen, ein nachhaltiges Energiesystem für die Zukunft aufzustellen, ist das Stichwort Energieeffizienz im Zusammenhang mit der Energieeinsparung anzuführen. Neben dem Gesichtspunkt der Notwendigkeit ein tragfähiges Energiekonzept aufzustellen kann festgehalten werden, dass durch das Beschreiten neuer Wege in diesem Bereich Chancen eröffnet werden. Ein Beispiel ist der Arbeitsmarkt.

Schließlich wurden die verschiedenen Energieträger zusammengetragen. Dabei wurde zunächst das Energieproblem anhand der fossilen Energieträger und ihrer endlichen Reichweite aufgezeigt. Anschließend wurden die verschiedenen Formen der regenerativen Energieerzeugung beschrieben sowie deren Ausbaupotentiale angerissen. In diesem Zusammenhang kommt global gesehen der solaren Strahlung die größte Bedeutung zu. Auf Deutschland bezogen spielt die Windkraft die tragende Rolle. Das Wasserkraftpotential ist bereits weitestgehend erschöpft. Zudem ist es nicht sinnvoll die Biomasse weiter zu fördern. Werden sich die Prozentzahlen für den Flächenverbrauch der einzelnen Energieträger, der mit dem Ausbau bis 2040 einhergeht, vor Augen geführt, so ist festzustellen, dass die Biomasse in der Region Trier ungefähr fünf Prozent der Fläche beansprucht wird. Windkraft und solare Strahlung werden hingegen jeweils nur etwa ein halbes Prozent be-

nötigen. Daraus wird ersichtlich wieso kein weiterer Ausbau der Biomasse vorangetrieben werden sollte.

Weiterhin musste die Betrachtung der unterschiedlichen Formen der Energiespeicher durchgeführt werden, um so später ein vollständiges Modell für die Energielandschaft der Zukunft in der Region Trier entwickeln zu können. Die bilanzielle Abdeckung der benötigten Energiemengen durch die Erneuerbaren gewährleistet noch nicht die Zeitgleichheit. Der Grund hierfür liegt darin, dass Windkraft und solare Strahlung nicht konstant zur Verfügung stehen. Neben der chemischen Energiespeicherung in Form von Methan und Batterien ist die mechanische Art in Form eines Pumpspeicherkraftwerks zu nennen.

Nachdem dieser Teil der Arbeit bearbeitet wurde, konnte ein Modell entwickelt werden, welches erlaubte die benötigten Energiemengen für die einzelnen Energielandschaften der Jahre 2020, 2040 sowie 2060 zu prognostizieren. Dabei sollen Ziele auf gezeigt werden, die entwickelt, geplant und umgesetzt werden müssen. Um die gewonnenen Daten für die einzelnen Energielandschaften der Zukunft zusammenfassend darzustellen, wird die nachfolgende Graphik herangezogen. Daran werden die wichtigsten Veränderungen ersichtlich beschrieben.

Für das Jahr 2020 ist zu sehen, dass der Anteil der regenerativen Energieerzeugung auf ein Viertel des Energiebedarfs der Region Trier seit dem Datenbezugsjahr 2010 gestiegen ist. Seit diesem Zeitpunkt konnte durch die Realisierung der heute schon genehmigten und geplanten Erzeugungsanlagen sowie durch weiteren Zubau bei Windkraft und Photovoltaik 10 Prozent gewonnen werden. Bei den geographischen Auswirkungen wurden besonders auf die kulturlandschaftlichen Veränderungen mit Hilfe von Fotos veranschaulicht, die sich mit der Realisierung des Großprojekts Pumpspeicherkraftwerk sowie den übrigen regenerativen Energieerzeugungsanlagen und damit einhergehenden Stromtrassen ergeben. Bei den wirtschaftlichen Auswirkungen ist die regionale Wertschöpfung anzusprechen. Zusätzlich bleibt festzuhalten, dass bereits 2020, was in Tabelle 3 dargestellt ist, knapp eine Viertelmilliarde Euro für Energie aus der Region nicht abfließen müssen, wenn die getroffenen Annahmen erreicht werden. Bei der Realisierung von regenerativen Energieerzeugungsanlagen können Bürger und Gemeinden durch Projektbeteiligungen auch an der regionalen Wertschöpfung teilhaben. Bis zum Jahr 2040 steigen die Graphen in dem oben dargestellten Diagramm weiter. Der Strom befindet sich bei einer Marke von knapp 200 Prozent. Zumindest in diesem Bereich ist die Region Trier bilanziell gesehen energieautark und Energieexporteur. 2048 gelingt diese Energieautarkie für die Gegenüberstellung von Energieerzeugung und Energiebedarf. 2060 wäre durch die getroffenen Annahmen eine wirkliche Energieautarkie erreicht. Zusätzlich könnte Strom exportiert werden. Der Graph sinkt hier auf das Niveau von 123 Prozent. Die anderen Graphen besitzen ähnliche Werte.

Bis zum Jahr 2060 sind viele Planungen, die mit der Umstellung im Verkehr zusammenhängen, von Nöten. Des Weiteren stellt die synthetische Methanherstellung große Herausforderungen bereit. Zusätzlich ist es unabdingbar eine intelligente Systeminfrastruktur einzuführen. Smart Grids und virtuelles Kraftwerk sind hier Schlagworte. Die wirtschaftlichen Auswirkungen abschließend sollen sich die beeindruckenden drei Milliarden Euro vor Augen gehalten werden, die nicht aus der Region Trier für Energie abfließen müssen. Insgesamt kann gesagt werden, dass auf diesem Weg viele Planungen zu meistern sind. Dabei spielt Öffentlichkeitsarbeit eine wichtige Rolle.

Die vollständige Arbeit ist abrufbar unter: www.dropbox.com/s/bxr59tmknjj4a/Die%20Energielandschaft%20

Literatur:

- DEUTSCHE ENERGIE-AGENTUR GMBH (2010): Pumpspeicherwerke und ihr Beitrag zum Ausbau erneuerbarer Energien. Zentrale Ergebnisse des energiewirtschaftlichen Gutachtens zum Neubauvorhaben Pumpspeicherkraftwerk Altendorf. Berlin. www.effiziente-energiesysteme.de/themen/energiespeicher/uebersicht-stromspeichertechnologien.html#c3579 (08.11.2012).
- FINANCIAL TIMES DEUTSCHLAND (2012): Energiewende. www.ftd.de/thema/energiewende (24.09.2012).
- PREUSS, O. (2008): Die neue „Leitbranche“. – In: PETER-MANN, J. (Hrsg.): Sichere Energie im 21. Jahrhundert. Hamburg. S. 245-251.
- SÜDWESTRUNDFUNK (2012): Neue Energien braucht das Land. Einnahmequellen für Kommunen. www.swr.de/swr1/rp/programm/aktionen/-/id=616164/nid=616164/did=6509494/mpdid=6811646/1ye84cz/index.html (04.09.2012).

Die Menschheit steht vor großen Herausforderungen: Die soziale Gerechtigkeit, die wirtschaftliche Entwicklung und die natürliche Umwelt müssen für die künftigen Generationen gesichert werden. Angesichts der aktuellen Krisen und deren Folgen für die Weltwirtschaft bedarf es des technischen Fortschritts, um das Wachstum anzukurbeln. Durch die Bildung und die Weiterbildung müssen das erlangte Fachwissen bewahrt bleiben und permanent verbessert werden. In die Kompetenzen der Mitbürgerinnen und Mitbürger investieren, damit diese ihre Rolle in der Wissensgesellschaft übernehmen können, ist das Gebot der Stunde. Immer mehr werden wir uns bewusst, dass wir neben der Innovation und der Forschung vor allem die Ausdauer und den Mut für die Erholung der wirtschaftlichen Lage benötigen.

2013 - WICHTIGE ENTSCHEIDUNGEN FÜR UNSER WISSENSDREIECK_

Dr.- Ing. Marcel Oberweis

Angesichts der hohen Arbeitslosigkeit muss vor allem die Förderung der Jugendlichen in den Mittelpunkt der Anstrengungen gesetzt werden. Mittlerweile haben 27 Millionen Menschen keinen Arbeitsplatz in der Europäischen Union, allein 19 Millionen in der Eurozone. Etwa 7,8 Millionen Menschen unter 25 Jahre in der Europäischen Union sind vom Gestaltungsprozess ausgeschlossen - in Griechenland und Spanien trifft diese Tatsache jeden zweiten Jugendlichen. Es kann nicht oft genug wiederholt werden: „Bezahlte Arbeit gehört zum menschlichen Leben, bietet sie doch dem Menschen die Möglichkeit, sich zu entfalten und auf der sozialen Leiter emporzusteigen. Die Kreativität und die Innovationsfähigkeit stellen die Triebfedern der wissensbasierten Gesellschaft dar, sie ermöglichen die Verwirklichung der wirtschaftlichen Ziele und die Erfüllung der sozialen Wünsche der Bürger und Bürgerinnen.“

Ohne Arbeit hat der einzelne Mensch kein Selbstwertgefühl, durch die Arbeit verwirklicht er sich in der Gesellschaft. Wie sollen die Jugendlichen an die europäische Idee glauben, wenn ihnen verwehrt wird, diese mitzugestalten? Wir dürfen die arbeitslosen Jugendlichen nicht weiter „am Rand“ der Gesellschaft stehen lassen, ansonsten bei ihnen das Gefühl immer stärker ausgeprägt wird, sie seien überflüssig, die Jugendlichen sind unsere Zukunft und diese muss heute gestaltet werden.

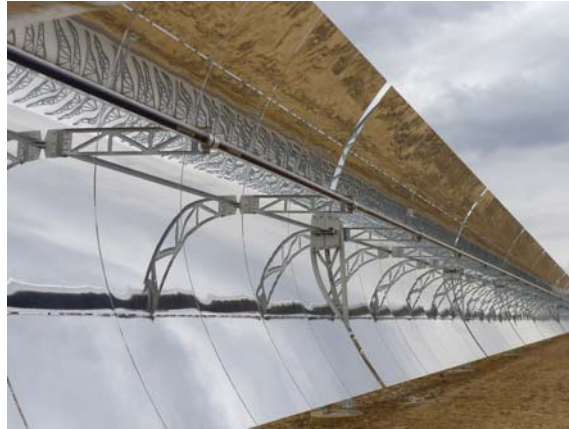
Bildung – der Schlüssel für den Aufschwung

Die Lissabon-Strategie „Horizont 2020“ hat die 27 Mitgliedsstaaten aufgerufen, durch entschlossenes Handeln den gewünschten Forschungs- und Innovationsraum zu schaffen, damit der Wissensvorsprung unserer Wettbewerbskonkurrenten auf der globalen Ebene verringert wird. Das intelligente, nachhaltige und integrative Wachstum ist die Voraussetzung für das Erstarken der europäischen Wirtschaft. Durch die Forschungs- und Innovationspolitik der vergangenen Jahre haben wir den Wandel von der industriell geprägten Wirtschaft hin zur Finanz-, Telekommunikations- und Dienstleistungsgesellschaft geschaffen. Heute steuert das industrielle Standbein nur noch 13 Prozent an der Wertschöpfung in der Europäischen Union bei, in Luxemburg beträgt dieser Anteil nur noch 5,5 Prozent.

Das Hochschulwesen und die angewandte Forschung stellen die Pfeiler einer tiefgreifenden Reform für die gewünschte dynamische Entwicklung dar. Die Europäische Union muss die Fähigkeiten stärken, um die Entwicklungen der Wissensgesellschaft für sich nutzbar zu machen. Neue konkurrenzfähige Produkte, die Anpassung der Produktionsprozesse durch den technologischen Fortschritt sowie die effiziente Logistik lassen neue Perspektiven erkennen. Es gilt: Die Bildungspolitik - vom Kindergarten bis zur Hochschule - muss so ausgerichtet werden, dass den Jugendlichen die Freude an der Technik und der Innovation vermittelt wird. Die Universitäten, die Forschungsstätten, die Industriebetriebe, die Klein- und Mittelunternehmen sowie das Handwerk werden nicht müde auf das Fehlen von gut ausgebildeten Wissenschaftlern, Ingenieuren, Technikern und Handwerkern hinzuweisen. Es ist notwendig, die unternehmerischen Rahmenbedingungen im Binnenmarkt neuzugestalten, um das enorme Potenzial, welches die Kommunikations- und Informationstechnologien sowie die intelligenten Netze bieten, vollständig auszuschöpfen.

Durch die Schaffung des Europäischen Forschungsraumes sowie des Europäischen Institutes für Technologie hat die Europäische Union die finanziellen Mittel zur Verfügung gestellt, um die Forschung und Innovation zu beflügeln. Leider hemmen die vielfach noch national geprägten Strategien den technischen Fortschritt. Die vorherrschenden Lücken in den Infrastrukturen im Bereich der Kommunikation und der Energieversorgung sowie im grenzüberschreitenden Eisenbahnverkehr erzeugen hohe Mehrkosten für die Verbraucher. Vor allem müssen wir bedeutende Geldmittel in die Versorgung der elektrischen Energie investieren, sie stellen das Rückgrat der wirtschaftlichen Entwicklung dar.

Ein Blick zurück zeigt, dass das 7. Rahmenprogramm für Forschung und technologische Entwicklung, die Zeitspanne von 2007 bis 2013 begreifend, das Hauptinstrument der Europäischen Union für die Forschungsfinanzierung darstellte. Es wurden insgesamt 54,4 Milliarden Euro zur Verfügung gestellt und dies in den Bereichen: Umwelt, Gesundheit, Verkehr, Gewässerschutz, Energie, Regionalentwicklung, Ernährung und Landwirtschaft, Biotechnologie, Informations- und Kommunikationstechnologien, Sicherheit, Weltraum,



Nanotechnologien, Werkstoffe und neue Produktionstechnologien. Mittels der Überwachung der Umwelt aus dem All können nunmehr mögliche Umweltfrevel früher festgestellt werden. Die Europäische Union hat das Projekt GALILEO (ihr globales Satellitennavigationssystem) als Kernelement auserkoren, die Präsenz der ersten Satelliten auf ihren Umlaufbahnen unterstreicht diesen Willen.

Um die vielfältigen Forschungs- und Innovationsaktivitäten in den kommenden Jahren durchzuführen, hat die EU-Kommission das Budget des 8. Rahmenprogramms „Horizont 2020“, die Zeitspanne von 2014 bis 2020 begreifend, mit 80 Milliarden Euro bestückt. Die EU-Länder wurden außerdem aufgefordert, 3 Prozent ihres BIP in Forschung und Entwicklung bis zum Jahr 2020 zu investieren, davon 1 Prozent von der öffentlichen Hand und 2 Prozent seitens des Privatsektors. Schätzungen zufolge werden 3,7 Millionen neue Arbeitsplätze geschaffen. Die eingebrachten Finanzmittel werden die besten Forscher mobilisieren, Lösungen für die dringendsten Probleme unserer Zeit u.a. Energieversorgung, Lebensmittelsicherheit, Klimawandel und Bevölkerungsalterung aufzusuchen. Mit Fug und Recht darf behauptet werden, dass unser künftiger Lebensstandard von der Fähigkeit abhängt, wie aus der Forschung & Innovation die Produkte und die Dienstleistungen gebildet werden, um die Wirtschaft und letztendlich die Gesellschaft voranzutreiben. Dies verlangt einen innovationsorientierten Strukturwandel, den wir leider noch vermissen. In den kommenden Jahren brauchen wir neben Unternehmern, Wissenschaftlern, Ingenieuren auch Handwerker, die sich für das Projekt „Europa“ begeistern.¹

Die Innovationslandschaft in Luxemburg ausbauen

Die enge Zusammenarbeit zwischen der Universität Luxemburg, des „Fonds National de la Recherche“ und der „Luxinnovation“ sowie den Forschungszentren wird Luxemburg erlauben, die luxemburgische Wirtschaft zu erstarken. Die vom Ministerium für Hochschulwesen, Forschung, Kommunikation und Raumfahrt mitgestaltete Forschungsstrategie, bedingt durch den finanziellen Handlungsraum, konzentriert sich demzufolge auf wenige ausgewählte Schlüsselbereiche.

Die staatlichen Zuwendungen für die Forschung & Innovation im Jahr 2012 beliefen sich auf 280 Millionen Euro - 0,66 Prozent des Bruttoinlandproduktes gegenüber 28,1 Millionen Euro im Jahr 2000. Die Anzahl der Forscher im öffentlichen Bereich erhöhte sich von 531 im Jahr 2005 auf 1025 im Jahr 2009 und dies mit steigender Tendenz. Die Investitionen der öffentlichen Hand liegen im Trend, verlangt doch die Lissabon-Strategie, dass der öffentliche Anteil auf 1 Prozent und derjenige der Privatwirtschaft auf 2 Prozent bis 2020 erhöht werden sollen, aktuell liegt der Wert bei 1,93 Prozent.

Es sind die folgenden Bereiche, in denen wir diese Finanzmittel einbringen und die Schaffung von mehreren Tausenden Arbeitsplätzen in den kommenden Jahren ermöglichen: Die Nutzung der erneuerbaren Energien und ihre Speicherung, die Biotechnologie, die Nanotechnologie, das nachhaltige Bauwesen, die Logistik, der Aufbau der intelligenten Versorgungsnetze und der Medizinbereich.

Im Bereich der Elektromobilität stellen die Akkumulatoren noch eine Schwachstelle dar, der Forschung im Bereich der Lithium-Ion-Akkumulatoren fällt hier eine Schlüsselrolle zu, denn sie sind im Vergleich zu den Bleiakkumulatoren und den Nickel-Metallhydriden leichter und können mehr Energie speichern. Die Elektroautomobile werden ihre Rolle jedoch nur dann voll ausspielen können, wenn ihre elektrische Energie aus erneuerbaren Energien gewonnen wird. Deshalb muss die Nutzung der erneuerbaren Energien u.a. in den offshore- Windenergieanlagen verstärkt werden. Die Forschungsachse „Elektromobilität und Energiespeicher“, welche die Universität und die Forschungszentren einbindet, sollte geschaffen werden. Es zeichnet sich bereits ab, die Stromspeicher leiten die nächste Phase der Energiewende ein, sie bieten die Möglichkeit an, auf die Schwankungen der angebotenen elektrischen Energie im Verbundnetz schnell und effektiv zu reagieren. Die Experten gehen davon aus, dass die eingesetzten Energiespeicher in den Privathaushalten sowie den Klein- und Mittelunternehmen 60 bis 70 Prozent des jährlichen Verbrauchs an elektrischer Energie einsparen. Die Einbindung von zahlreichen Unternehmen in einem Cluster sollte ins Auge gefasst werden.



Mit den Gesetzesprojekten, welche derzeit im parlamentarischen Ausschuss „Hochschulwesen, Forschung, Medien und Raumfahrt“ diskutiert werden, sollen die Partner im vernetzten Bereich „Forschung und Lehre“ noch stärker zusammengeführt werden. Das Hochschulwesen muss mit den Forschungs- und Innovationstätigkeiten stärker verknüpft werden.

Im Jahr 1987 wurden die beiden ersten öffentlichen Forschungseinrichtungen „CRP Gabriel Lippmann“ und „CRP Henri Tudor“ geschaffen, das CRP „Santé“ folgte im Jahr 1988 und das „CRP CEPS“ im Jahr 1989. Als ein weiterer Meilenstein in der luxemburgischen Forschungslandschaft erwies sich die Einrichtung des „Fonds national de la Recherche“ im Jahr 1999. Mit der Gründung der Universität Luxemburg im Jahr 2003 verfügte unser Land über die Institutionen, um die Forschung und die Innovation in „höhere Gefilde zu heben“. Das Wissensdreieck „Hochschule, Forschung und Innovation“ war geboren und bedeutet schlichtweg einen „Quantensprung“.

Mit der Überarbeitung des Gesetzes zur Universität Luxemburg soll diese eine größere Autonomie bezüglich der Organisation, der Reglementierung und der Finanzierung gewinnen. Die interne Struktur soll den neuen Erkenntnissen angepasst werden und die Studenten sollen besser eingebunden werden. Das Gesetz des „Fonds national de la Recherche“ wird ebenfalls an vielen Textstellen überarbeitet, ihm wird eine zentrale Rolle in der „Forschung & Innovation“ zugesprochen. Als wichtige Neuerung erweist sich die Besetzung des Aufsichtsrates mit nur externen Personen. Das Doktorandenwesen wird ebenfalls neugestaltet, wissend, dass die Doktorarbeiten das Fundament für innovative Produkte und Dienstleistungen darstellen. Das oberste Gremium für „Forschung & Innovation“ wird nunmehr eine legale Basis erhalten, in welchem neun anerkannte Experten tagen.

Nach 25 Jahren werden die Forschungsanstalten einer umfassenden Reform unterworfen. Bedingt durch den technischen Fortschritt werden neue Forschungsachsen definiert und es sollen anerkannte Forscher und Wissenschaftler den Weg nach Luxemburg finden. Die Schaffung von spin-off

und start-up- Aktivitäten und von Arbeitsplätzen wird die direkte Folge sein, die „Cité des Sciences“ in Esch-Belval zeigt schon die ersten Erfolge. Ein weiterer Gesetzestext beschäftigt sich u.a. mit der Fusion der beiden im Jahr 1987 geschaffenen Forschungszentren zum „Luxembourg Institute for Science and Technology“ (LIST). Ab dem 1. Januar 2015 werden die beiden Forschungszentren eine Einheit bilden, das neue Forschungsinstitut wird in der „Cité des Sciences“ auf Esch-Belval seine Aktivitäten beginnen.

Die Auflistung der unterschiedlichen Aktivitäten in den kommenden Monaten und Jahre wäre nicht vollständig, würde der Beitrag zur Weltraumforschung unseres Landes nicht erwähnt werden. Die Bemühungen um eine Diversifizierung der Luxemburger Wirtschaft setzen auch auf die Weltraumforschung. Es möge erwähnt werden, dass Luxemburg gemeinsam mit der Schweiz den Vorsitz der Europäischen Weltraumagentur für die Jahre 2013 bis 2015 übernommen hat. Hohe finanzielle Investitionen werden in dem Telekommunikationsbereich u.a. in das Projekt „Artes 33 Elektra“ eingebracht, um die Entwicklung eines geostationären Satelliten von geringen Dimensionen voranzubringen.

Die Regierung bemüht sich außerdem um die Herstellung dieser Satelliten in Luxemburg. Ein weiteres Projekt stellt die Entwicklung des Satelliten „Artes 21- Sat-AIS“ dar, mittels welchem die Ortung der Schiffe und später die LKW-Flotten in der Europäischen Union durchgeführt werden kann. Die Beobachtung der Erde aus dem Weltraum mittels Satelliten ist von hoher wissenschaftlicher Bedeutung, können doch Umweltfrevel aufgespürt werden, Daten über den Klimawandel sowie die Biodiversität gesammelt und ausgewertet werden. Hier werden sich die Universität und die Forschungszentren stark einbringen und eine Reihe von Arbeitsplätzen geschaffen werden.

Schlussgedanken

Die aktuellen Krisen und der unbändige Globalisierungsdruck verändern die Spielregeln der Wirtschaft. Wohlwissend, dass wir in das Wissen und die Kompetenz der Bürger und Bürgerinnen investieren müssen, braucht es auch einer dynamischen Forschungs- und Innovationslandschaft. Die Wirtschaft des EU-Raums kann sich nur auf dem Welt-

parkett behaupten, wenn wir über ausreichend wissensbegierige Menschen verfügen. Leider besteht eine klaffende Lücke zwischen dem Angebot und der Nachfrage bei den Fachkräften, den Wissenschaftlern und den Ingenieuren, sodass der Innovationskapazität der Europäischen Union eine schwierige Zeit bevorsteht.

Damit wir die Jugendlichen in diesen Prozess einbinden können, müssen wir neue Wege beschreiten, wie müssen die Studienabbrecher nicht mehr als Versager ansehen, sondern als eine wertvolle Humanressource. Laut einer rezenten OCDE-Studie liegt diese Quote bei 73 Prozent in Neuseeland, 54 Prozent in Deutschland, 49 Prozent in den USA und 42 Prozent in Österreich. Angesichts dieser hohen Abbrecherquoten in vielen Fachrichtungen, macht es Sinn, den Jugendlichen eine anders gelagerte Ausbildung u.a. eine zweijährige Ausbildung (BTS) mit dem Ziel eines Technikers in den „smart grids“, in der Kommunikation, in der nachhaltigen Gebäudesanierung oder in der Nutzung der erneuerbaren Energien anzubieten. Aber auch die Ausbildung zum Gesellen mit anschließendem Meisterbrief stellt eine Möglichkeit dar.

Durch das Wissensdreieck zwischen dem Hochschulwesen, der Forschung und der Innovation werden wir die wichtigen gesellschafts- und wirtschaftspolitischen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts mit Kompetenz angehen. Bedingt durch die höhere Ressourceneffizienz kommt es zu einem Mehr an Wachstum, Beschäftigung und Wettbewerbsfähigkeit. Es bieten sich erhebliche Vorteile für die Lebensqualität und für die Umwelt. Die nachhaltige Entwicklung werden wir durch die angewandte Forschungsaktivitäten in den Bereichen: Energieeffizienz, Chemie- und Pharmaindustrie, Recycling, intelligente Netze, Biomedizin, Nanotechnologie und Elektromobilität unterstützen.

Mit Entschlossenheit wird die kohlenstoffarme Wirtschaft aufgebaut und die Erhöhung der Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Unternehmen eingeleitet. Wir stärken die Schlüsseltechnologien und wollen die Forschungsergebnisse schneller als bisher in neue Produkte, Verfahren und Dienstleistungen umsetzen. Die Zukunft der Europäischen Union verlangt nach mutigen Entscheidungen - der

Wandel hin zu einer modernen Wissensgesellschaft ist mehr denn gefragt.

Die Lösung heißt: „In die neuen Technologien investieren und in die Jugend investieren, um so den Geist des Erfolges anzustacheln. Wenn wir diesen Wandel meistern und der Jugend die richtigen Perspektiven aufzeigen, dann schaffen wir den Aufbruch in die Vierte Industrielle Revolution – in ein neues Zeitalter.“

Quellennachweis:

1_ KOM (2013) 149 final : MITTEILUNG DER KOMMISSION AN DAS EUROPÄISCHE PARLAMENT, DEN RAT, DEN EUROPÄISCHEN WIRTSCHAFTS- UND SOZIALAUSSCHUSS UND DEN AUSSCHUSS DER REGIONEN. Stand der Innovationsunion 2012 – Beschleunigung des Wandels



Like many other European Union member states, the Luxembourgish telecommunications fixed network infrastructure was liberalised in 1998. While many aspects of this liberalisation are similar to those in other European Union member states, some aspects are very distinctive. The government has simultaneously sought to liberalise the small telecommunications market while protecting the wholly state owned incumbent. The incumbent has only recently been forced to provide a reference interconnection or unbundling offer, and has been allowed to build the country's only fibre-to-the-home network, given preferential access to publicly owned infrastructure and been permitted to extend and bundle together its services.

THE LUXEMBOURGISH TELECOMMUNICATIONS MARKET_

Nico Binsfeld

Moreover, the state has created or participated in the creation of new companies that operate within the telecommunications market. High-speed fibre connectivity to international Internet peering hubs has been provided, and a commercially orientated local Internet exchange has been established. An alternative national high-speed network has been developed, and several data centres built to stimulate competition.

The incumbent operator is the dominant operator in Luxembourg. It dominates both the fixed and mobile markets, and is particularly dominant in the enterprise part of the market. Unsurprisingly, competitors have struggled in this market. Alternative fixed operators have found it difficult to gain access public infrastructures and have not been able to build out their own network infrastructure. A fourth and fifth third-generation (3G) mobile licence were awarded, but neither launched their services onto the marketplace. Similarly, a WiMax licence has been issued but services not launched. Cable networks can be found throughout the country and widely used, but deliver just TV services.

DSL-based broadband is available throughout Luxembourg, and ambitious plans for fibre-to-the-home (FTTH) are currently being rolled out. Extensive international connectivity exists that links Luxembourg to the main European peering hubs, with Luxembourg having the highest Tier IV datacentre density in the world. The country's financial services sector has attracted several international carriers to locate in Luxembourg.

The current nature of the market, that combines elements of state-ownership and entrenched operators with (domestic and foreign) investment and competition, raises questions in several areas. Firstly, how competitive is the market? Secondly, how has the extensive presence of the state in the market shaped its development? Thirdly, will Luxembourg be able to maintain its current international ICT competitiveness in the short and medium term? Fourthly, why have international operators invested (or not) in a market as small as Luxembourg?

This paper addresses these questions by establishing a timeline of political, technological, regulatory and competitive developments. It also provides a general overview of the

current state of the market and identifies the main operators as well as the different institutions involved.

Literature review

Relatively little has been written about the Luxembourgish telecommunication market. Indeed, to the best of the author's knowledge, this paper represents the first attempt to provide a comprehensive review and evaluation of how the market has developed.

Some details on the historical development of the sector in Luxembourg, focussing on the legal aspects, is available in (Fayot & Funck 2012). This also provides an overview of the media sector as well as satellite communications because of the local presence of RTLGroup¹ and Société Européenne des Satellites², these two aspects of the wider ICT ecosystem³ will not be looked at further in the following.

In addition, there is a substantial amount of relevant research available on the state of development of ICT in Luxembourg and the role of ICT for innovation, E-commerce and the local financial industry. Thus, OECD has published a study on the sustainability of the financial sector as engine for growth for the Luxembourgish economy (Bourgain et al. 2009) in which they argue that Luxembourg might face serious difficulties unless it is able to maintain and expand its attractiveness of investing and working in Luxembourg and to adjust tax, housing but also infrastructures to attract foreign investments and future growth in ICT.

Some research has been conducted on the drivers for the implementation of an e-business strategy by firms located in Luxembourg (L. Martin 2008). The relevant ICT infrastructures and IT literacy have been identified as important drivers to this market. Similarly (Leduc & Poussing 2003), discuss the importance of ICT to facilitate the contact of the firms with external structures. In consequence, firms can create new opportunities by finding new partners in other countries.

Methodology

The broad approach adopted, of a country/region centred case study, is consistent with found in the literature, for example, case studies of Germany (Elixmann et al. 2003),

Nepal (Jason Whalley 2006), the Netherlands (Rood & Te Velde 2003), the United Kingdom (Deshpande 2013), Scotland (S Howick & J Whalley 2007), (Tookey et al. 2006), rural areas (Galloway & Mochrie 2005) (Preston et al. 2007), developing countries e.g. Peru (Yamakawa et al. 2012), Poland (Grajek 2010).

Particularly relevant in this context, is a study about small economies in the case of Cyprus (Symeou 2009), as it discusses a country and economy of comparable size than Luxembourg. It argues that the success of liberalisation might be affected by the smallness of a country and therefore the evaluation of success of liberalisation based on industry concentration might be inapplicable. Liberalisation might not even be necessary but similar overall economic welfare might be achieved by regulators if they allow only a small number of market participants.

To achieve a review and evaluation of the situation in Luxembourg, the author draws on a range of secondary sources such as the annual reviews published by the Luxembourg regulator (see, for example, ILR, 2011a). In addition, data have been used from the statistical analysis of the market published by ILR (see, for instance, ILR, 2011b) as well as the implementation reports and digital scorecard of the European Union (EC, 2012; EU, 2011). The annual reports and websites of the different operators in the Luxembourg market were consulted.

In addition, relevant information from the Luxembourgish statistical office⁴ (Statec) and Eurostat⁵ has been included when relevant. In particular, a study about the importance of the “service industry” in Luxembourg and its evolution since 1960 (Gargano 2012), the size and activities of the financial sector (Michaux 2013) as well as a study about the use of ICT have been used (Airoldi 2012).

Furthermore, some information has been extracted from a commercially available country analysis report (Datamonitor 2010) as well as from some consultant reports about the attractiveness of Luxembourg (KPMG 2012b), (PWC 2011).

As the author is actively involved in the telecommunications industry, data from (unstructured) interviews with current and past actors have been undertaken and included in the

analysis. Finally, some internal documents from the incumbent operator (Entreprise des Postes et Télécommunications – EPT) have been made available to the author as well.

Luxembourg and ICT

ICTs are well developed in Luxembourg. In 2013, about 92% of households own a personal computer and about 93% have some form of internet access. About 64% of the population is using mobile internet access (Airoldi 2012).

Year	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
HH with PC	75	77	80	83	88	90	92	92
HH with Internet Access	65	70	75	80	87	90	91	93
Broadband (DSL, Fibre, CATV)	52	63	77	76	82	78	75	73
Analogue/ISDN dial-up	51	36	26	24	20	30	27	22
DSL line	49	59	76	74	79	70	63	61

In 2012, amongst the enterprises with 10 or more employees, practically all (98%) have internet access, virtually all (95%) through a broadband access and many (54%) also through a mobile connexion (Statec 2012a). Three quarters of the enterprises have their own website. In terms of available IT structure in 2012:

- _48% of the enterprises features an Intranet
- _39% use an electronic group calendar
- _32% have an extranet
- _16% have videoconferencing facilities and among the enterprises using computers
- _100% work with a wired local area network (LAN)
- _43% have also a wireless local area network (WLAN)

Information technologies and e-commerce are a growth areas in Luxembourg. Luxembourg was the first European country to create a specific, clearly defined and secure legal framework for e-commerce and it also has the lowest standard VAT rate on such services within the EU (15%) and 3% on e-books. These attractive taxes together with good (see below) communication infrastructure has led several players in the gaming sector (online video games) and gambling sector to set up their headquarters in Luxembourg or even install their technology centres for the European area in Luxembourg⁶. This, in turn, has attracted low-latency Internet providers who expand their ICT location to Luxembourg (PWC 2011).

Global brands in the media and Internet world such as Amazon, eBay, iTunes, PayPal and Skype all have European headquarters or major operations in Luxembourg. However, the fiscal advantages mentioned above are due to disappear in 2015 in accordance to EU regulations (Fayot & Funck 2012).

The government encourages the establishment of new businesses (notably through 'Luxembourg for Business – proud to promote ICT⁷') and is keen to further develop the ICT sector in line with the major industry trends. Efforts are also being made in ICT research with a focus on security, reliability and trustworthiness of ICT systems and services⁸.

The market after liberalisation

Size and Evolution

Starting in 2003, the regulator published an annual assessment of the telecommunications market. This chapter presents an overview of the most recent available figures (ILR 2011b) – further details can be found in (ILR 2004b), (ILR 2004c), (ILR 2005b), (ILR 2006b), (ILR 2007b), (ILR 2008c), (ILR 2009b) and (ILR 2010b) as well as in the digital agenda scoreboard published annually by the European Commission⁹.

Revenues and fixed/mobile split

As figure 3 below shows, the market has grown considerably since 1999. This is largely due to several consecutive technological changes i.e. the upcoming of digital mobile networks (GSM, UMTS) as well as the wide-spread introduction of internet and broadband internet access in the early years of the 21st century and not necessarily a pure consequence of liberalisation. From 2007 onwards, the market is rather flat with a slight drop in 2009, 2010 because of economic crises.

Mobile revenues grew very quickly from 2000 to 2003 until saturation was reached with about 140% of population penetration. Because of the small size of the country and the high number of foreign workers, roaming charges constitute a substantial part of the mobile revenues. These revenues, however, have reached stagnation or even decline because of the price reductions imposed by European Commission. Overall since 2010, however, the mobile market volume exceeded the fixed one, mainly due to mobile (broadband) internet access.

Fixed revenues were flat over the whole period of analysis. However, when looking into the details it appears that revenues from fixed voice have decreased but revenues from leased lines and broadband internet access have been able to compensate for this decrease.

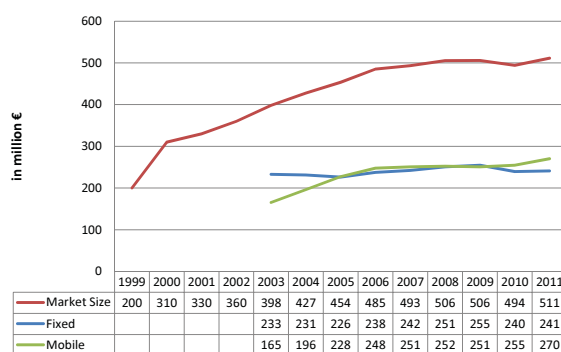


Figure 1_ Market size and split fixed/mobile

Market share incumbent – alternative operators

At a first glance, alternative operators¹⁰ appear to have developed very well since the liberalisation with a market share that more than doubled. On the other hand, EPT's revenues have been fairly stable over time with only a very slight decrease in the last few years. A more detailed assessment of the different market segments will be conducted below.

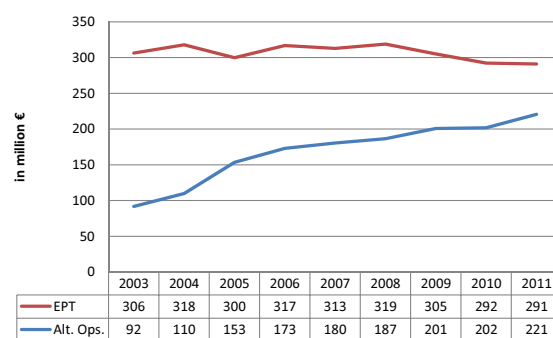


Figure 2_ Market share incumbent versus alternative operators

Entreprise des Postes et Télécommunications – the incumbent

Created in 1842 as a public administration of Post and Telecommunications, EPT was converted into a 100% state owned enterprise in 1992. However 150 years of existence as a public administration have left a deep impact in terms of structure and culture of the organisation and even in 2012 the company still hired new staff members as civil servants. In addition all of the top management roles are held by civil servants and the 8 board members are state representatives. The company is organised in 3 divisions of which telecommunications is by far the largest in terms of turnover (see figure 5 below).

Year	Development	Comments
1842	Creation of Public Post and Telecommunications Administration	
1992	Creation of "Entreprise des Postes et Télécommunications"	A 100% state owned enterprise
1993	Launch of LuxGSM – the first 2G mobile network	Replacing the old "Benelux" wide analogue system
1994	Launch of "integrated services digital network"	Migration of analogue fixed line to digital fixed line
1995	Launch of "Dial-up" internet access	
2001	Commercial launch of broadband internet access Launch of General Packet Radio Services	LuxDSL Mobile data access
2003	Launch of 3G UMTS network	
2005	Launch of "integral" first "triple-play" offer	
	Launch of Blackberry services	In cooperation with Vodafone
	Launch of Public WIFI hotspots	In major hotels and public places
2006	Teralink	International high speed fibre connectivity
2007	Inauguration of EBRC second data centre Pilot Project for IP-TV	
2008	Commercial launch of IP-TV services	
2009	Participation in Lu-CIX	Commercial internet peering point
2010	Fourth Data centre opened	
	3D and HD TV services offered	
2011	Launch of Ultra-high bandwidth Internet access	Luxfibre
2012	5th Datacentre opened	
	First Cloud services	
	Full liberalisation of postal services	

Sources_ www.pt.lu accessed 23.2.2013, focus in the telecommunications activities, Author's interviews

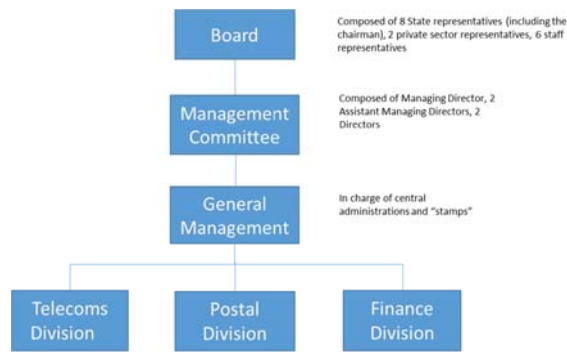


Figure 3_ EPT's high level organisational chart

Furthermore, the telecommunications division is the only profitable one as of today. The company is controlled by the Ministry of Economy and Foreign Trade. Its board is composed primarily by government and union representatives. The management team has to take all decisions unanimously and all strategic issues need to be confirmed by the board. All staff related decisions are therefore highly political and different stakeholder groups try to influence these via either the government or their union representatives

Company	Activities	Stake
Ebrc	Datacenter and Business Resilience Services	100%
P&T LUXGSM	Sales of Mobile and Fixed Communications	100%
P&T Consulting	Software Development	100%
Netcore ¹¹	ICT Integrator	100%
Luxembourg e-archiving	Electronic archiving services	100%
Victor Buck Services	Printing and Financial reporting	90%
Editus	White and yellow pages and databases	89,92%
Michel Greco	Express delivery of mail and small parcels	60%
Infomail	Distribution of advertising material	55%
Visual Online	Internet Service provider	51%
TNT Express	International express and courier services	50%
Hotcity	Public WLAN in major cities	49%
Eltrona	The country's largest CATV operator	34%
Regify	Secured Email	11%

In order to escape from some of these pressures, the company has followed since 1995 a diversification strategy based on acquisitions and has set up or acquired a number of independent subsidiaries in which it always tries to gain a majority stake. Altogether, EPT group employs about 3800 people which makes it the 5th largest employer in Luxembourg (Statec 2012b).

Over time, it became increasingly difficult to manage this diverse set of subsidiaries and a recent strategic analysis concluded that a consolidation leading to an integration of several of these subsidiaries would be advisable. This process is currently ongoing, but a lot of issues need to be addressed due to the widely different company cultures and organisational settings.

In addition, the regulator has requested, end of 2012, a functional separation between network infrastructure (and a whole sale offer for alternative operator) and the company's own sales organisation.

On the other hand, some of these subsidiaries have been very successful and contribute a substantial amount to the company's ICT related revenues e.g. ebrc about 30 Mio€, Netcore about 25 Mio€ which explains the substantial increase in telecommunications revenues shown in the chart below and the difference between the numbers reported to ILR.

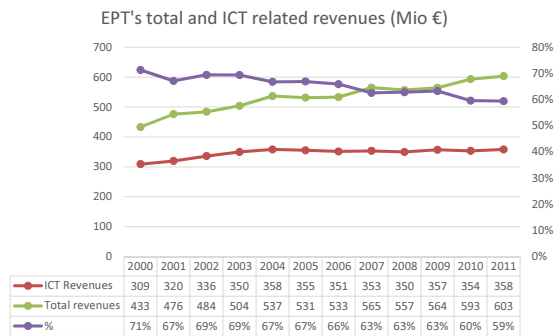


Figure 4_ EPT's revenues in Telecommunications

As the historical information above shows, the company has never been an early adopter of any new technological development. This is often explained by the lack of technical experience, competences and resources due to the small size of the organisation¹². Indeed, EPT does not have an R&D nor a product development or innovation department. On the other hand, EPT has a strong reputation for good quality and high reliability and does want to risk this reputation due to unsuccessful introductions of new technologies.

The company, through their link to the Ministry of Economy, has been successful in influencing politicians to protect their market domination in fixed network, broadband access and international connectivity up until 2006 and has been charged by the Government to build the country's FTTH network in 2010 (SMC 2010a).

In terms of mobile market, initially EPT focussed on operating the network whereas the services were sold through several service providers. However, when products and services became more complex and quick lived, EPT gradually acquired all of these and integrated them into their P&T LuxGSM subsidiary.

According to recent study, the main issues that EPT is facing beginning of 2013 are:

„A complex structure which is preventing them from developing the complete value chain of ICT services in an efficient way using the synergies between their different subsidiaries.

„The high operating costs of their postal services in a fully liberalised market.

„An outdated business model for their banking services which is based on high interest rates.

A new CEO was brought in May 2012 by the Ministry of Economy, a new chairman has been nominated in January 2013 and the company is currently setting out a new strategy and organisational structure to actively address the issues mentioned above. However, due to the complex and sometimes political decision processes, getting this strategy into action might take a long time, time which competition is likely to use to strengthen their position in the quickly changing ICT market.

Government initiatives

The national regulatory authority – Institut Luxembourgeois de Régulation (ILR)

Initially set-up in 1997 as "Institut Luxembourgeois des Télécommunications" (ILR 2008a) with 2 members of staff from EPT and an externally recruited director, it developed in 2000 into a 50 persons administration in charge of regulating the telecommunications, electricity, gas, railways and postal sectors as well as coordinating the use of the rare radio frequency resources and protecting customers. ILR is not directly involved in defining telecommunications policies; its mission is to implement these as well as to implement the different EU directives related to the so-called "telecom packages".

Its first major task was a licence application process in 1998 for the second mobile operator which was organised with the help of external consultants as a “beauty contest” based on coverage, service offering and quality. This approach was repeated for all major licence application processes ever since as it was felt that it would not be appropriate to jeopardize the business cases of the candidates with huge up-front payments.

ILR then focussed on the liberalisation of the fixed networks by defining different categories of licences (now replaced by declarations) and forcing EPT to publish reference interconnection and later reference unbundling offers at more and more competitive prices over time.

Following EU regulations, number portability for fixed (in 2000) and mobile numbers (in 2005) was introduced and around that time ILR was also involved in the licence applications for the different 3G UMTS networks.

More recently ILR focussed on the development of broadband internet access again pushing the incumbent to develop a reference DSL offer and stimulating alternative access technologies like CATV networks or WiMax.

A lot of efforts were spent over time in radio frequency co-ordination processes. This activity is particularly complicated due to the small size of the country and its important needs for international satellite communication frequencies to be used by SES¹³ and to a lesser extend RTL Group¹⁴.

ILR has never been a very “aggressive” regulator and has rarely imposed its decisions. Instead, it always tried to negotiate compromise solutions that would be acceptable to all parties involved. The most visible evidence of this has been the split of the 4th UMTS licence in two “halves” in order for both candidates to be successful. Additionally, it has never been at the forefront of the European Liberalisation process. Instead it used its presence in the European Regulators Group and later the body of European Regulators for Electronic Communications¹⁵ to follow closely the development in the surrounding countries and to avoid possible “mistakes” made by some of their regulators e.g. the action processes for 3G licences that lead to a difficult start for many of the successful bidders and often high prices for their customers.

Politically, ILR is controlled by a board of directors nominated by the Minister of Communications to ensure its independence from any of the operators.

Service des Médias et des Communications

The Service des Médias et des Communications¹⁶ (SMC) also depends on the Minister of Communications, but contrary to ILR is in charge of defining and promoting the policies decided by the Government in the areas of electronic communications, e-commerce, electronic security and media. Its main activities consist in promoting Luxembourg internationally, advising the Minister of Communications, supervising the local media landscape and representing the State in different national and international organisation and companies. Its members of staff are directly involved at board level of the main stakeholders e.g. EPT, LuxConnect, RTLGroup, SES etc. They represent Luxembourg on economic missions and try to promote Luxembourg as an international centre for media, audio-visual productions¹⁷ and ICT¹⁸. They also supervise the media sector including its content¹⁹.

In 2001 a first action plan, called eLuxembourg was put in place to promote the use of the internet and to move public administrations to all electronic communications with the general public. The result was the so-called “unique eSpace” to interact with most of the public administrations.

In 2004, SMC presented the national action plan²⁰ for broadband internet access (SMC 2009) in which the objec-

tive was to reach 95% of population (mainly with ADSL). This goal was achieved quickly and Luxembourg was one of the first OECD countries to reach 100% DSL coverage.

In 2005, the Government, together with several local banks and EPT set up Luxtrust, a local electronic signature system which has become the standard for local eCommerce and eBanking activities as well as for communicating with public administrations. Luxtrust²¹ plays the role of the “certification authority” and delivers certificates on USB sticks or SIM cards.

In 2006, SMC was the driving force behind the creation of LuxConnect²² and was actively involved in Luxembourg to become the first EU member to transpose the directive about eCommerce and electronic signatures.

In 2008, a specific legal framework was created to facilitate the management of intellectual property and internet domain names (SMC 2010b). Again Luxembourg was the first EU member state to offer an interesting fiscal environment for handling of domain names.

In 2009, SMC contributed to set up Lu-CIX – a commercial internet peering point to which all of the local operators quickly connected including EPT.

Over the years, SMC managed to attract several multinational or global ecommerce players such as Amazon.com, eBay, PayPal, iTunes, Skype and Vodafone Procurement Company to establish their EU base in Luxembourg. However, the most attractive incentive for these players ie the reduced VAT rate is going to disappear in accordance to EU rules in 2015.

LuxConnect

In 2004 and 2005, ILR assessed the situation in fixed network market focussing on the international and national high-bandwidth connectivity for commercial users. National operators were complaining that they were having troubles to get access to “rights of ways” and to existing trenches to install their fibre optical cables. International operators were often stopped at the national boarder and forced to use expensive leased lines from EPT to reach the main business areas in Luxembourg City. During international economic missions, the Government tried to promote Luxembourg’s interesting tax situation to attract foreign investors. In particular E-commerce providers, who were forced by EC to have a base somewhere in the EU²³. However, most of these initiatives failed because of technical reasons linked to missing international connectivity.

After some discussions with the Ministry of Economy and EPT, it was decided to set up a second 100% state owned operator with the mission:

- _to develop a national dark fibre network and make this network available to the Telecom Operators so that they can build and enhance their footprint in Luxembourg,
- _to operate a network that connects Luxembourg to the Amsterdam, Brussels, Frankfurt and Paris Internet exchanges while minimizing fibre distances and maximizing route and fibre diversity,
- _to support the national ICT, media and e-business sectors by providing carrier-neutral, state-of-the-art Data Centre space.

LuxConnect does not define itself as a telecommunications operator and can probably be best described as a carrier’s carrier. It provides “raw” datacentre capacity as well as dark fibre or high bandwidth connectivity using a cost-plus pricing scheme. The company provides its services only in a B2B environment under a strict wholesale model. Its customer base is made up exclusively of telecom operators, system integrators, hosting and SaaS companies, but no end-users. The services are offered in a strictly neutral and non-dis-

criminary way: identical pricing and support are provided to customers accessing the same product or service under matching conditions.

Operations started in 2009 with a first data centre and an international fibre optical network. Since then, the company has been very successful. They also have contributed to create a second and commercial national internet peering point called Lu-CIX²⁴ and facilitated the setup of a wholesale cloud service provider LuxCloud²⁵.

Considering all of the above, it is obvious that EPT missed the opportunity to play this role themselves and that the Government was forced to invest into two operators in order to really trigger competition.

Ultra-High Broadband Strategy

In 2010, ILR together with the Ministry of Economy and the Minister of Communications (SMC) presented a strategic document defining Luxembourg's future Broadband Strategy (SMC 2010a) claiming that both productivity and GDP growth would need ultra-high bandwidth connectivity for all households. Broadband connectivity was defined by the government as part of Universal Service and by 2020 every household should have access to 1Gbit/s upstream and 500 Mbit/s downstream capacity with the following roll-out targets:

- _25% of population by 2013
- _50% of population by 2015
- _100% of population by 2020
- _As an intermediate target by 2015 every household should have at least 100/50 Mbit/s
- _Creation of ultra-high bandwidth business zones which would be connected by 2 independent networks in order to guarantee full redundancy
- _Become one of the world-wide leaders in terms of broadband connectivity roll-out
- _Achieve competitive pricing in line with EU standards

The Government, as their sole shareholder, asked EPT to invest about 180 million Euro until 2015 to start initial roll-out. It was agreed that EPT would install at least 4 fibres into each home and grant access to alternative carriers to one or several of these on a non-discriminatory basis. CATV operators were encouraged (but not supported financially) to develop their networks as an alternative, independent, and therefore redundant access to the 94% of the households in Luxembourg. Several additional measures were decided e.g. central database of network infrastructure²⁶, central database of civil works projects²⁷, compulsory in-house cabling for new buildings. LuxConnect was also asked to push the development of their national networks and in particular to connect to the main "business zones".

In addition, ILR was invited to proceed as quickly as possible with the frequency planning and licensing process for 4G LTE services and the Government promised to transpose the 2009 EU telecom package immediately into national law.

In 2012, Service des Médias et des Communications and the Ministry of Economy commissioned a study to review the (perhaps overambitious) broadband strategy announced in 2010 (BooZ&Co 2012). This study proposes a more active collaboration between EPT and the CATV with the aim to use existing CATV networks to offer broadband connectivity in the less densely populated areas in the North of the country. It is not clear yet how this should work in practice. On the other hand, EPT has calculated that with the current rate of investment the "Ultra High-Broadband" business case will not be profitable before the year 2035²⁸.

Technologies

International connectivity networks

Since 2005, various initiatives have been supported by the government to build multiple high capacity IRU fibre networks, connecting Luxembourg to the major hubs in Europe. Today, a number of international operators provide dark fibre or leased connectivity. Beside these operators, some global bandwidth operators as well as international carriers lease capacity into Luxembourg and are operating one or more PoPs (Point of Presence). Luxembourg is located in the middle of the so-called "Golden ring", which shapes the major Internet hubs of Europe: London, Amsterdam, Frankfurt and Paris.

Broadband connectivity by technology

According to a report prepared for the European Commission in the framework of EU's Digital Agenda (EU 2011) Luxembourg enjoys 100% coverage of standard ADSL broadband (up to 25 Mbps) and 99.6% coverage of HSPA (High Speed Packet Access – an upgraded version of 3G mobile networks providing mobile broadband at a maximum download speed of 21.1 Mbps). Its basic broadband needs are therefore well supplied.

The "Next Generation Access" (NGA) broadband coverage (using technologies which are needed to meet the EU's Digital Agenda 30Mbps objective) is also well above the EU average; ranking fourth among the 29 countries considered in the study (the 27 EU Member States, Iceland and Norway).

Luxembourg also has an extensive cable network, with about 95% of population coverage and 64% "internet" ready. This cable network is currently being upgraded to the so-called "DOCSIS 3" standard, meaning broadband access delivered over a fixed TV network using coaxial cable and providing download speeds of 30Mbps and above.

In terms of mobile networks, both alternative operators offer a commercial LTE product and EPT has announced that it intends to follow in May 2013.

Competition in fixed networks

Despite a total of 88 different operators, 37 networks and 240 service providers notified to ILR (ILR 2012), EPT remains by far the dominant player in fixed networks (voice & data).

The regulatory measures during the last few years have encouraged broadband competition through local loop unbundling, yet the proportion of unbundled lines remains relatively low. There are few broadband subscribers on fibre networks but this is set to change as the country migrates to FTTH architecture. EPT has set aside €500 million (far more than the initially planned 180 millions) to build its NGN, an open access platform which should allow for effective competition though high wholesale access prices.

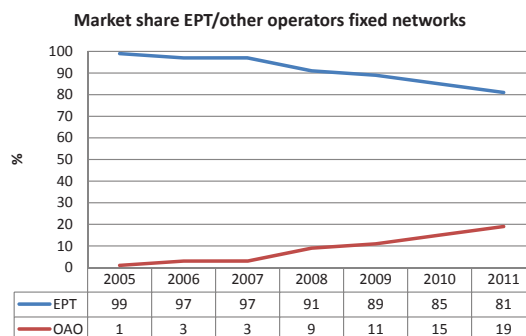


Figure 5_ Competition in fixed networks

In common with most other markets, revenue from the fixed line sector has been falling steadily. Indeed since 2005 income generated by mobile telecoms has by far exceeded that from fixed lines, while revenue from the broadband sector has propped up total revenue.

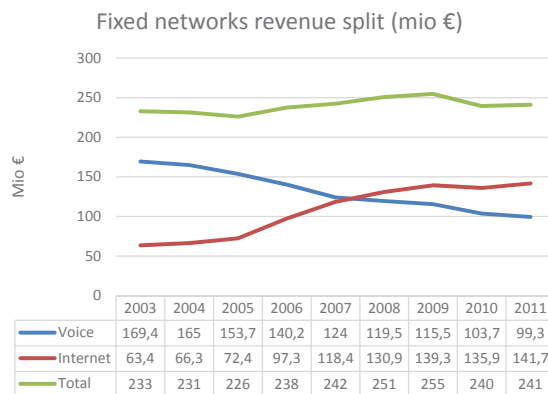


Figure 6_ Evolution of fixed networks revenues

The figure above shows that, as of 2007, alternative operators seem to catch up a bit and their market share, albeit below 20% is steadily growing. This is the year that Luxconnect went into operations providing alternative operators the underlying network infrastructure both on a national and international scene. This has allowed several local and international players to start offering services to enterprise customers. On the residential side however, Luxconnect is not an alternative and the recent state decision to allow EPT to build a national FTTH network is not stimulating competition in this segment.

Telindus Telecom

Telindus was created initially as an ICT integrator²⁹ by a private investor in cooperation with Arcelor-Mittal³⁰ in the 1980s. It became over time the country's largest ICT integrator with over 350 employees and a turnover of about 75 Mio Euro³¹.

In 2006, after the death of the private investor, Belgacom acquired Telindus Belgium and Luxembourg in order to extend their value chain and to offer enterprise customers not only traditional connectivity and leased lines, but also LAN, Voice and IT infrastructures.

In 2011, using the infrastructures offered by LuxConnect, the Luxembourgish arm of the company changed its name into Telindus Telecom and became Belgacom's ICT full service provider for commercial customers in Luxembourg. It offers connectivity services, Infrastructure, Communication, Desktop and Software as a service as well as mobility services and has become EPT's main competitor in the attractive enterprise market.

Several other, smaller operators followed this example e.g. Telecom Luxembourg³², BCE³³, Datacentre Luxembourg³⁴, Root³⁵, Orange Business Services³⁶. They individually play a minor role in comparison to EPT and Telindus Telecom. However, it would appear that the Government's intention to stimulate competition has worked in this specific segment.

Artelis

Artelis was initially set up in 1999 under the brand name of Cegecom³⁷ by the local electricity company then called Cegedel (now Enovos³⁸). The intention was to use the fibre optical cables in the high tension lines to offer services to enterprise customers. It quickly became clear however that these lines were not close enough to the end customers and certainly would not cover the main business centres. Therefore Artelis tried to develop local access and tested several technologies over time (Powerline, Wireless Local Loop and Microwaves) and acquired the country's only ever WLL operator Firstmark. After some unsuccessful experiences, they finally relied on EPT's reference unbundling offer and focussed on developing their own national fibre infrastructure.

At the time, the company considered itself as the main national competitor for EPT and even tried to enter the residential market with internet access and fixed voice services. They also intended to apply for the 2nd and 3rd mobile licences but gave up twice in the last minute. The issue was that the company's unique shareholder is also partially state-owned and that management had difficulties to get their strategies accepted by the board. This became even more visible when, the electricity market itself was liberalised and Cegedel had to focus on protecting their "home" market and core activities.

In 2006, the company merged with VSENet, a similar organisation in the German State of Sarre that they had already cooperated with for some time and rebranded on the name of Artelis³⁹. The shareholders of Artelis are the energy-providers VSE AG (53.05%) and enovos International S.A. (36.95%), with the financial partner Saar LB in Saarbrücken (10%).

The focus moved towards providing high-speed data connectivity and carrier's carrier services to main business centres and SMEs in the greater Luxembourg region and the surrounding areas of Germany. Artelis therefore claims to be the only "international" operator based in Luxembourg. Their national roll-out plans have been adversely affected by the roll-out of LuxConnect's network and it took some time for them to agree on a co-ordination on the local level.

Luxembourg Online

Founded by two private investors in 1995 as an internet service provider, this company gradually emerged as the only independent local operator that is fully owned by private local investors. The company started by offering an internet portal (comparable to the then popular AOL, Compuserve etc.

In 1997, Luxembourg-Online (LOL) launched one of the first e-commerce platforms in Luxembourg.) and in 1999 the so-called free-internet dial-up access which is based on "call-termination revenues" from in-bound calls. This was very successful and took EPT by surprise. In 2001, it applied for a full voice "licence" and became the first operator to offer both free internet and free voice based on a flat-fee local loop bought in from EPT and Cegecom.

In 2003, LOL launched its broadband internet access again based on the "reference unbundling offer" from EPT as well as an internet access product over CAT networks as it had no own infrastructures. In 2004 it started to offer alternative voice products to the residential market with a limited success however. As a consequence, it moved to Voice/IP and became the country's first operator to offer such a service to its broadband internet access customers.

In 2006, LOL applied for the 4th UMTS licence but failed against Astralis⁴⁰. It appealed and was awarded "a half-licence" in 2008. Indeed, the regulator, in order to avoid the necessity to take a decision, just split the available wireless spectrum in two halves. However, LOL never used their licence so far but instead established a mobile virtual operator based on resale of the services of Orange in 2007 branded LOL mobile. In 2007 as well it applied together with Broadcasting Center Europe⁴¹ for a 3,5 GHz Wimax licence, which again, so far, did not go into operation.

In 2011, LOL launched its own IPTV solution in competition with CATV operators, Tango and EPT but again with a marginal market penetration. Strangely in 2012, it created a joint venture with Eltrona (the country's largest CATV operator) to offer triple play services over CATV networks.

Overall, LOL has always been a very creative and dynamic operator which was successful in "shaking up" the market but never managed to really gain a substantial market share.

Competition in mobile networks

As shown in Figure 2 above the mobile market size exceeded the fixed market since 2005. Revenues have been relatively flat between 2005 and 2011 but have started to grow again since. This market is also dominated by EPT's LuxGSM mobile operations. They cover more 50% of the market with two alternative operators sharing the remaining 48%. This situation has been very stable over time, there has been a slight decrease when the 3rd mobile operator went into service in 2005 but the subsequent introduction of Mobile Number Portability has not led to noticeable change.

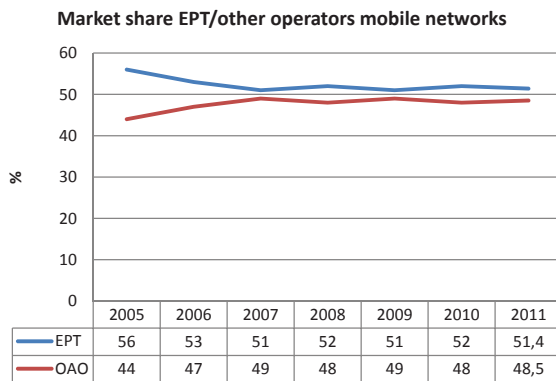


Figure 7_ Competition in mobile networks

Due to the specificity of the Luxembourgish Labour market and the small size of the country roaming revenues are very important and all operators have been affected by the recent decisions of the EU commission to impose price caps on voice and data roaming.

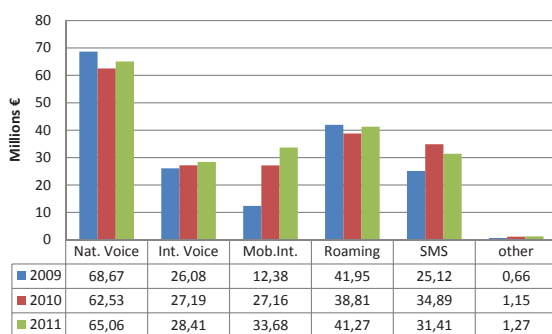


Figure 8_ mobile revenue split

This together, with substantial reduction in Average revenue per user around 2009, due to economic crisis has led to a fairly flat evolution of mobile revenues. As of 2010 this effect has been compensated by the up-come of Smartphone and the subsequent increase in revenues for mobile data.

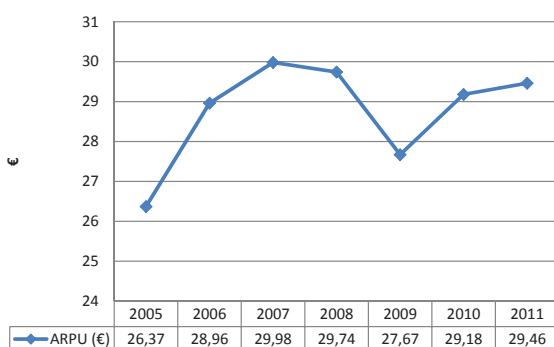


Figure 9_ monthly average revenue per mobile users

Two alternative operators are active on the market. In addition there are some Mobile Virtual Network Operators (MVNO), but these are merely generating revenues for their respective host networks.

Tango

Tango⁴² has been active in the Luxembourg fixed voice and mobile market since 1989. During its first decade, when it was known as 3C Communications Luxembourg, the company attracted the interest of a number of investors (Banque Invik, Millicom International Cellular, Mach, Transcom, Transac and Tele2 Europe).

This group won the "beauty" contest (based on speed of roll-out and coverage) in 1997 and started operations in 1998 under the brand name of Tango. Success was immediate, the company's services and products won thousands of new clients a week during the launch phase. The GSM coverage network was extended and a fixed-line network created in parallel which was commercialised under the brand name of Tele2 Luxembourg.

The early 2000s, Tango was the first to launch UMTS, the first data (GPRS) network and the first WAP services. In 2005, the company launched the first bundled (fixed, ADSL and mobile) offers, followed in 2007 by the first HSPA "Mobile ADSL" network supporting 7.2 Mbit/s.

In 2008, Belgacom Group bought Tango from Tele2 Europe. The Tele2 Group has a tradition of acquiring mobile networks licences (mainly in Africa), developing and then selling these. They did so as well in Luxembourg after the death of its founder – who used to live in Luxembourg⁴³. This was the first major commitment by a larger international operator in Luxembourg. Since then, Tango continued to invest into its network infrastructure and was the first operator in November 2012 to start a commercial LTE data service. They also launched around the same period of time an IP-TV service using EPTs and Artelis' unbundled DSL offer.

The company claims to have over 40% market share with about 270.000 mobile subscribers⁴⁴. Being part of the Belgacom group, it co-operates actively with Telindus Telecom⁴⁵ to offer specific fixed/mobile bundles to corporate customers.

Orange

In 2003, the two (then) CEOs of Tango and together with several local investors decided to set-up a third mobile UMTS only operator called VOXmobile⁴⁶. The licence was awarded quickly. Interestingly they also convinced EPT to act as an MVNO host in GSM so that they could start operations very rapidly. Again, the success was immediate mainly because of a strong marketing campaign and a life-time without subscription offer. However, the company experienced problems with the availability of 3G devices up to the point that most customers were using 2G which drained a big part of the revenues to EPT as the MVNO host.

Consequently, the company took in 2005 the decision to also launch a 2G network which had a major negative impact on their business case so that additional money was needed. In 2007, this was provided by Orange through Mobistar (its Belgium mobile arm) that took a 90% stake in the company. In 2008, the remaining 10% were also acquired and beginning of 2009, the company changed its brand into Orange. In autumn 2012, the company launched its 4G network. The company remains today the smallest of the 3 mobile operators with about 100.000 subscribers (claimed).

Additional licences available

In line with EU requirements, ILR has advertised a 4th mobile 2/3G licence in 2006. Two national candidates applied. The first was a joint venture between Artelis⁴⁷ and SES⁴⁸ and the second a local independently owned internet access provider called Luxembourg Online (LOL)⁴⁹. After some legal and procedural discussions, ILR finally decided to split the

licence in two and award each half to one of the competitors. Interestingly, since then none of the two candidates actually went live.

In 2007, a WIMAX licence in the 3.5 GHz was advertised and awarded to a joint venture consisting again of Luxembourg Online and Broadcasting Center Europe⁵⁰. Again, this project, so far, did not go into operation.

All existing operators had to renew their licences recently and in this process they all were allowed to also operate 4G LTE services. By doing so, ILR avoided long and complicated procedures and prevented potential new entrants to enter the market.

Competition in (broadband) internet access

In terms of broadband access, the market currently is dominated by XDSL technologies based on EPT's network infrastructure. Alternative operators do have not invested in their own network infrastructure and are therefore forced to use either EPT's Reference Unbundling Offer (RUO) or to find some agreement with cable network operators.

Since 2010, EPT has also started to offer the so called "Luxfibre" FTTH access instead of XDSL. They do so in offering attractive packages with IP-TV and mobile voice and internet included which makes it nearly impossible for alternative operators to compete. FTTH penetration has not yet been officially communicated by ILR but EPT recently claimed to have 10.000 households connected.

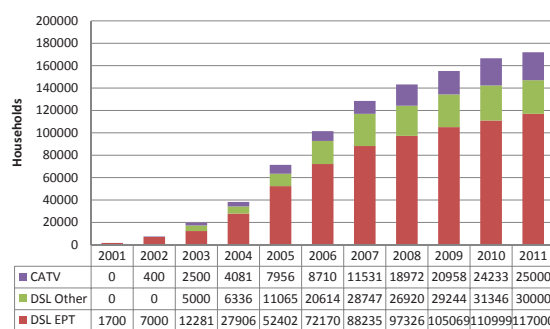


Figure 10_ Competition in Internet Access

For commercial customers Luxconnect does offer an alternative network infrastructure, for residential users, however, the only alternative could consist in using the cable TV networks as an alternative access technology.

CATV – a fragmented market

Due to its small size, Luxembourg did not have an own local TV channel until in the 1990s. Instead, viewers tried to receive the TV channels from France, Germany and Belgium which sometimes was only possible in the border areas. Consequently, local communities decided to build a common TV reception head-end on a suitable hill and distribute the signals to the different « members ». Over 120 of these head-ends appeared in the 1970s before some commercial operators saw the opportunity and invested in larger networks.

This eventually led to a very fragmented market and a large number of independent operators with networks of sometimes less than 100 households connected. ILR has tried, together with the association of cable network operators⁵¹, to stimulate co-operation amongst these. Three commercial operators i.e. Eltrona⁵², Siemens and Coditel⁵³ started in the early 2000s to consolidate and to offer services from a single but more professionally equipped head-end. This process was adversely affected by limited availability of fibre optical cables necessary to set up a suitable back-bone network.

When DOCSIS 2.0 and DOCSIS 3.0 standards for data communication over CATV became widely available, most of the local cable networks were not technically able to al-

low bi-directional communications and heavy investments were needed which most of the smaller organisations could not afford. In addition, in 2005, digital TV was coming up which also required huge investments in new receiving and decoding equipment. Furthermore, the broadcasters could encrypt their signals and it became necessary to pay author's rights and transmission fees. All of these events have caused Siemens to stop their operations and sell them to Eltrona and for many small organisations to do the same. Consequently, a major consolidation is currently taking place with Eltrona reaching about 110000 households and Coditel now called Numéricable another 25.000, leaving about a third of the households to small independent operators or relying on other means to watch TV.

In 2008, EPT started to compete in this market (despite their 34% stake in the country's largest CATV operator) and this pushed the cable operators to finally also develop aggressively their own broadband access and triple play offers as well as High Definition TV. As can be seen in figure 13 however, they still only play a minor role⁵⁴ in terms of broadband internet access.

Discussion

How competitive is the market?

By looking at the developments above, it follows that Luxembourg has not been amongst "early adopters" of liberalisation. The approach taken was rather the one of an "informed follower". This may partially be due to the small size⁵⁵ of the country and its telecommunications market leading to limited competitive pressures and relatively low interest from larger international carriers to set up operations in Luxembourg. It is certainly also due to the political intention to protect the incumbent, who, with over 3800 employees, is one of the largest employers in the country, representing an important reservoir of "voters" and pays a considerable amount of taxes. In addition, the regulatory body was created from scratch, with very limited resources and little experience, at least initially.

The incumbent itself, who is still today 100% state-owned and fully integrated with Postal and Banking services, did not push for innovations, new technologies or services. They tended to look around and follow the developments of the neighbouring countries and their incumbent operators and then to "mimic" their behaviours. Therefore, mobile data, broadband access to the internet and more recently LTE or cloud services were usually only introduced with a 12 to 18 months delay to the surrounding countries. It is fair to say, that their small size and therefore their limited experience sometimes also prevented them to move ahead quicker⁵⁶.

In the early days of liberalization, some national players e.g. utilities or media organisations also took the chance to diversify their activities focussing purely on the local market. Thus organisations active in energy distribution (electricity, gas), media or local communities acquired telecommunications licences. However, two factors affected negatively the development of the sector at the time. Firstly, the internet bust (Fransman 2001) forced some of the operators to focus on their core activities and home markets and made them either to put on hold activities in Luxembourg or to leave the country completely. Secondly, many of the alternative operators faced day-to-day problems to get access to public infrastructures to build their own infrastructures. Several of the administrations (roads, railways, local communes) were not aware and not accepting the fact that the market had been liberalised and "naturally" continued to inform just their former "colleagues" from EPT about planned civil and infrastructural works. It took several years, to overcome this "cultural" barrier and finally the creation of LuxConnect to overcome this hurdle.

However, the incumbent is still dominating partially or completely most market segments and in that sense, liberalisation does not appear to have been very successful. EPT still holds about 50% of all mobile customers, about 90% of internet and broadband internet access customers and about the same amount of fixed voice customers. ICT revenues of EPT are flat, those of competition are growing steadily but still far lower than those of EPT.

On the mobile side, the country still does only have 3 active operators (EPT, Tango and Orange) whilst 4 GSM and 5 UMTS licences have been awarded. LTE was started recently and it appeared again that EPT was lacking behind their competitors.

No broadband fixed wireless network infrastructure exists despite the fact that a WiMAX licence has been awarded in 2010.

How have the government initiatives shaped the market?

Since 2004, the development of the ICT sector in Luxembourg became a focus of the Government and in particular the Minister of Communications. International consultants were hired to assess the state of play; discussions with Alternative Operators, CATV⁵⁷ operators and the representatives of the ICT⁵⁸ industry were actively sought for.

In 2005, it turned out that, whilst the mobile market was working on a competitive basis, the fixed market was still largely dominated by the incumbent. In particular, international broadband connectivity and access to the main internet peering points was a big issue. The Government first increased pressure on EPT but soon took the completely unexpected decision to create a second "state-owned" operator to stimulate competition and LuxConnect was created in 2006⁵⁹.

This has stimulated competition in terms of network infrastructures and datacentre capacity and has allowed several national and international players to offer services to enterprises. It has also attracted many international e-commerce and gaming providers to establish technical infrastructures in Luxembourg, to generate substantial tax incomes and to create jobs in the ICT sector which currently generated about 8% of the country's GDP.

In 2010, Luxembourg defined ambitious goals for developing its "ultra-high bandwidth"⁶⁰ (SMC 2009), (SMC 2010a) infrastructure and asked EPT to build a nationwide FTTH network. In 2012, it became clear that the given objectives could not be achieved and an alternative plan is currently sought in particular for the northern part of the country in which the population density is lower.

According to OECD (Greenstein & Mcdevitt 2012), when considering the per capita broadband bonus in quality-adjusted terms (i.e. simultaneously experiencing large improvements in broadband quality and declining real prices), Luxembourg, Switzerland and the Netherlands have done remarkably well over the past half-decade.

Overall, the market has grown considerably since 1997 both in terms of absolute values and in terms of market participants. Luxembourg is well connected to the main international internet hubs, is able to offer broadband access to 100% of its population, has high quality data centre capacity and is about to roll-out next generation networks, LTE and Fibre to the Home. Internet usage and computer literacy are high and there is a substantial ICT home market stimulated by the needs of the financial sector.

Are international operators interested in the Luxembourgish market?

Some of the larger international or even global operators have always been interested in Luxembourg because of

their own global customers who often do have a subsidiary or a local operation in Luxembourg (so-called B-end customers). Even before telecommunications liberalisation, BT for example, was already present with a small local sales office relying on infrastructures by EPT.

During the initial phase of liberalisation i.e. from 1998 to 2001, many international players showed interest in developing activities in Luxembourg and about 20 licences for fixed network services were awarded in 1999 alone (ILR 1999). Thus, Global One (a JV between Deutsche Telekom and France Telecom), GTS, Level3, Worldcom, KPN and GTS set up local operations and some like Worldcom and GTS even invested in a local Point-of-Presence.

The "internet bust" in 2001 forced most of these operators to focus on their home market and so they gave up their local presence. Only Worldcom, which later became Verizon, stayed with their local datacentre offering hosting and disaster recovery services to financial institutions mainly.

When LuxConnect started operations in 2009, some of these operators returned and thus currently KPN, Level3, Verizon, BT, AT&T, Colt, Cable&Wireless, Cogent, Interoute, Telefonica, T-Systems all have small sales offices in Luxembourg. Still only Verizon has its own datacentre and own fibre connectivity from and to Luxembourg. The overall market share of these operators is fairly limited and mostly based on (value added) services like global VPN, global managed voice, which are not regulated and therefore not included in the statistics above⁶¹.

In 2006 Belgacom showed interest in the local market and started to invest in Telindus, they later acquired Tango, the country's second mobile operator and in 2011 transformed Telindus into Telindus Telecom to become a major alternative operator for professional customers. Tango (just as Belgacom) cooperates with Vodafone in terms of product development and international roaming packages.

In 2010 France Télécom, who had made several attempts to enter Luxembourg before, acquired the country's third mobile operator through its Belgium Mobistar subsidiary. Rebranded into Orange in 2011 they play a major role in the local market and also offer services to professional customers through Orange Business Services.

Both operators have deployed their own mobile network infrastructure but are relying on Luxconnect for professional fixed network customers and EPT for residential customers. Both operators use their parent companies to offer attractive international packages for voice and data roaming.

Will Luxembourg be able to sustain its international ICT competitiveness in short and medium term

International ICT competitiveness is often measured with composite indices. For example, in its Global Information Technology Report 2013, the World Economic Forum defines the so-called network readiness index which is "composed of a mixture of quantitative and survey data" and allows a "measuring of the degree to which economies across the world leverage ICT for enhanced competitiveness" (Dutta & Lanvin 2013). Many writers build on these and other indicators e.g. from International Telecommunications Union (ITU 2012), OECD (Koski & Majumdar 2000) or national sources. An overview and discussion of the different indicators can be found in e.g. (Mahan 2007).

Following this approach, Luxembourg has been performing well in recent years on many of these indicators and it can be argued therefore that the interventions discussed above have been successful in increasing Luxembourg's international ICT competitiveness.

The central element of the state intervention has been the creation of LuxConnect as a 100% state-owned and there-

fore the Government is stimulating competition by competing with itself. Can this situation be sustained given the difficulties the Luxembourgish economy, as well as most European Economies, is facing now and which is leading to substantial state budget deficits?⁶² How then to make sure that LuxConnect is not simply integrated or taken-over by EPT?

Due to the same budget limitations, the extremely ambitious ultra-high bandwidth plan can't be implemented as planned, at least not in the northern regions of the country where population density is low. EPT is not able, nor interested, to finance the roll-out of the FTTH in these areas. Even in the southern part of the country, take up of FTTH is fairly restricted; about 10.000 customers have migrated yet. The question is: do residential customers need a connectivity of 1 Gbit/s? What is the killer-application? CATV networks might constitute a viable alternative, but currently only about 10% of households use their internet offer and the market is still very fragmented especially in the Northern part of the country. What is more, EPT is competing with CATV operators by offering IP-TV as part of triple or quadruple-play packages.

In addition, the focus of EPT on high quality, high reliability TierIV datacentres has led to an overcapacity in this specific segment and consequently some of the recently built infrastructures are not used. Nevertheless, there is a political pressure on LuxConnect to also get their datacentres TierIV certified⁶³. The development of cloud services has changed the market and customers are looking for simpler, less redundant infrastructures that they can replicate in different places or even outsource completely into a public cloud infrastructure.

Moreover, EPT, as the largest player in the market, is facing substantial structural and organisational problems. These are mainly linked to their postal and banking services e.g. the postal market has been completely liberalised on the 1.1.2013. These problems are likely to attract management and political attention and drain financial resources which will be badly needed to stay competitive in the ever changing ICT market.

Finally, a crucial question remains: will international eCommerce operators stay in Luxembourg once the fiscal incentives will be reduced and if so, what can Luxembourg do to compensate this effect.

Conclusions and further work

Looking at the above it can be concluded that the market has only seen a very limited liberalisation. EPT is still the dominant player on many fronts. However, the market has grown substantially, Luxembourg has a good ICT infrastructure, good international connectivity and substantial datacentre capacity. Local customers are presented with attractive triple and quadruple play offers, nationwide XDSL and 3G availability. Luxembourg is well positioned on many of the international ICT indices and enjoys a good international ICT competitiveness.

In that sense, the Luxembourgish situation seems to confirm previous findings from e.g. Cyprus in that liberalisation is not necessarily the right answer for small economies.

However, all of this has been achieved by massive state intervention on the supply side and huge investments in order to create a network "duopoly" in which the state competes with itself. Will this be sustainable on the long run and how can it be financed? These are questions that need further attention and research.

The main intention of this study was to present a snap shot of the current situation in Luxembourg and the historical evolution that led to it. It clearly has important limitations in

that it is nearly exclusively based on secondary courses and only a very limited number of largely unstructured interviews with the main stakeholders have been conducted so far. A more in-depth approach with a structured interviews with representatives from the different categories of stakeholders (EPT, Regulator, Ministry, Alternative Operators) will be needed to gain a deeper understanding. A more rigorous and structure analysis of the critical success factors for future sustainability of the current achievements should be conducted as well as detailed comparison and discussion of the different secondary sources.

Finally, the analysis could be supplemented by a detailed comparison of Luxembourg's position and its evolution with regard to the different ICT indices, a discussion of the validity of their underlying sources.

Appendix – A timeline of major milestones since liberalisation

Year	Development	Comments
Before 1990s	Telecommunications Services were provided as state monopolies. Some countries e.g. US and UK were liberalising parts of their markets allowing a limited number of competitors	
1987	European Commission publishes its Green Paper to initiate liberalisation reforms all over Europe	Initial goal was the creation of a common market for services and equipment
1990	EC Directive 90/388 requesting member states to open up telecommunications services for competition	Separation of operator and regulator became necessary
1992	Entreprise des Postes et Télécommunications (EPT) is created ⁶⁴	Change from public administration to a 100% state owned company
1992	Ministry of Communications is created	Takes over regulatory activities from former P&T administration
1992	Luxembourg gets connected to the internet	Internet access for schools, teachers and some government agencies ⁶⁵
1993	Launch of LUXGSM, EPT's mobile 2G network	Replacement of existing BENELUX analogue network
1995	Launch of "dial-up" internet services by EPT	Internet access becomes available to the general public
1997	Luxembourgish law on liberalisation of telecommunications	Defines universal service, rules of competition and interconnection, creates independent regulator
1997	Creation of "Institut Luxembourgeois des Télécommunications" later "Institut Luxembourgeois de Régulation (ILR)"	Takes over regulatory work from "Ministry of Communications" – which is disbanded ⁶⁶
1997	Second mobile licence awarded to Millicom SA ⁶⁷	Beauty contest approach
May 1998	Second mobile operator starts operations under the brand name of "Tango"	
July 1998	Fixed network market officially "liberalised"	All procedures in place in December only
1999	"Dot.com" boom – 19 licences awarded to alternative operators	
2000	Introduction of new numbering plan, first Reference Unbundling offer, trials with Wireless Local Loop and "Powerline" technologies ⁶⁸	
2001	"Dot.com" bust – consolidation and drop-outs	No new operators, year of stagnation
2002	3 Mobile licences for 3G networks awarded to EPT, Tango and Orange First Internet access over CableTV	No candidate for the 4 th available licence
2003	4 th Mobile 3G licence awarded to Luxcommunications SA Broadband Internet access via ADSL by EPT became saw great success First "official" statistics about the local telecommunications market became available	Later called Voxmobile
2004	Orange returns its 3G licence, VoxMobile was awarded a 2G licence, many specific service providers appeared	
2005	New regulatory framework was put in place transposing the new EU set of directives	
2006	Second state owned operator "LuxConnect" ⁶⁹ was created, EPT started to build Teralink ⁷⁰ its own international backbone network EPT acquires 100% of European Business Recovery Center The fourth 3G licence was split into two and awarded to Luxembourg Online ⁷¹ and Astralis a joint venture between SES and Artelis ⁷² The city of Luxembourg and EPT launched a city-wide WLAN network ⁷³ Belgacom enters Luxembourg market by acquiring the country's largest ICT integrator Telindus ⁷⁴	It was hoped that this would stimulate competition, major investments in international connectivity and data centres were made
2007	Mobistar, the Belgium arm of Orange acquired Voxmobile	First time that a global operator committed to major investments in Luxembourg
2008	Belgacom acquires Tango EPT also invests into ICT integration business	Belgacom now present in fixed and mobile market
2009	LuxConnect opens its first datacentre and international back-bone network LU-CIX, a privately owned internet peering point established ⁷⁵ EPT started to invest into Next Generation Network (NGN) and fibre to the home (FTTH) technologies	Soon to be merged with Restena
2010	Ultra-high broadband access strategy published LuxConnect opened second data centre and developed LuxCloud to start offering cloud services EPT opened its 3 rd and 4 th datacentre	EPT is charged with execution
2011	New EU "telecom package" transposed into Luxembourgish law EPT started to commercialise LuxFibre up to 100 Mbit/s Telindus (Belgacom) converted into a telecommunications operator	
2012	Orange and Tango start offering LTE 4G services Ministry announces its intention to build a TETRA network and publishes a call for a public-private partnership. EPT opens its 5 th datacentre LuxConnect opens its 3 rd datacentre	
2013	Telindus Telecom and EPT respond to the call of PPP for the Tetra Network EPT launches its 4G LTE network in May Ultra High Broadband Strategy is revised and potentially adapted	

Sources: (EC 1987), (EC 1990), (ILR 1997; ILR 1998; ILR 1999; ILR 2000; ILR 2001; ILR 2002; ILR 2003; ILR 2004a; ILR 2005a; ILR 2006a; ILR 2007a; ILR 2008b; ILR 2009a; ILR 2010a; ILR 2011a; ILR 2008a), (SMC 2010a), Author's interviews

- 1_ A pan-European media company, part of the German Bertelsman Group www.rtlgroup.com accessed 11.5.2013
- 2_ One of the world's largest satellite operators www.ses.com accessed 11.5.2013
- 3_ For the definition of the ICT ecosystem see e.g. (Fransman 2007)
- 4_ <http://www.statistiques.public.lu/fr/acteurs/statec/index.html> accessed 11.5.2013
- 5_ <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/eurostat/home/> accessed 11.5.2013
- 6_ Including OnLive Inc (which implemented a cloud gaming platform and chose Luxembourg to locate all its servers for the European distribution of its services), Big Fish Games, Agapier, Bigpoint, Kabam-Europe, Nexon Europe Sàrl and Innova.
- 7_ See <http://ict.investinluxembourg.lu/> accessed 13.4.2013
- 8_ See <http://www.wen.uni.lu/snt> accessed 13.4.2013
- 9_ See <http://ec.europa.eu/digital-agenda/en/scoreboard> accessed 24.02.2012 and http://ec.europa.eu/information_society/policy/ecomm/library/communications_reports/index_en.htm accessed 24.2.2012
- 10_ Fixed and mobile together see http://www.ilr.public.lu/communications_electroniques/registrepublic/index.htm accessed 20.4.2013
- 11_ One of the authors is currently CEO of this organisation
- 12_ Author's interviews with representatives from EPT's middle management
- 13_ The world largest satellite operator who has its headquarter in Luxembourg, for more information see www.ses.com
- 14_ See <http://www.rtlgroup.com/www/htm/home.aspx> accessed 9.3.2013
- 15_ See bereg.europa.eu accessed 9.3.2013
- 16_ See <http://www.mediacom.public.lu/> accessed 9.3.2013
- 17_ See <http://en.filmfund.lu/> accessed 9.3.2013
- 18_ See <http://ict.investinluxembourg.lu/ict/> accessed 9.3.2013
- 19_ See http://www.mediacom.public.lu/institutions/Institutions_nationales/cnp/index.html accessed 9.3.2013
- 20_ As required by EU's i2010 initiative
- 21_ See www.luxtrust.lu accessed 9.3.2013
- 22_ See www.luxconnect.lu accessed 11.5.2013
- 23_ Author's interviews with the CEO of LuxConnect
- 24_ See www.lu-cix.lu accessed on the 3.3.2013
- 25_ See www.LuxCloud.lu accessed on the 3.3.2013
- 26_ Which does still not exist as of today
- 27_ This does exist but is not updated regularly
- 28_ Internal report
- 29_ John Cordier, see a short bio in French on <http://www.lalibre.be/economie/actualite/article/50111/telindus-orphelin-dejohn-cordier.html> accessed 20.4.2013
- 30_ The world's largest steel producer – then called "ARBED"
- 31_ Author's interview with the CEO and CTO of Telindus and <http://www.paperjam.lu/communiqu-de-presse/fr/croissancecontinue-confirmer-pour-telindus-telecom> accessed 20.4.2013
- 32_ www.telecomluxembourg.com accessed on the 3.3.2013
- 33_ www.bce.lu accessed on the 3.3.2013
- 34_ www.datacentreluxembourg.com accessed on the 3.3.2013
- 35_ www.root.lu accessed on the 3.3.2013
- 36_ www.orange.lu accessed on the 3.3.2013
- 37_ www.cegecom.lu accessed on the 3.3.2013
- 38_ www.enovos.lu accessed on the 3.3.2013
- 39_ www.artelis.lu accessed on the 3.3.2013
- 40_ See section about Artelis
- 41_ See www.bce.lu accessed on the 8.3.2013
- 42_ www.tango.lu accessed on the 3.3.2013
- 43_ Jan Stenbeck see <http://www.businessweek.com/stories/2001-06-10/jan-stenbeck> accessed 20.4.2013
- 44_ See <http://www.paperjam.lu/article/fr/tango-65-de-mieux-en-2012> accessed 20.4.2013
- 45_ www.telindus.lu accessed 11.5.2013
- 46_ See <http://www.orange.lu/a-propos-de-nous/index.html> accessed 3.3.2013
- 47_ A telecommunications subsidiary of the local electricity board www.artelis.lu accessed 11.5.2013
- 48_ The satellite Operator www.ses.com accessed 11.5.2013
- 49_ See www.bce.lu accessed on the 8.3.2013
- 50_ www.aac.ul accessed 11.5.2013
- 51_ www.eltrona.lu accessed on 3.3.2013
- 52_ www.numericable.lu accessed on the 3.3.2013
- 53_ Source: interviews with Chairman and Board members of CATV operators' association
- 54_ For a broader Discussion about Smallness see (Symeuou 2009).
- 55_ Sources author's interviews
- 56_ See www.aac.lu accessed 2.3.2013
- 57_ See www.ictluxembourg.lu accessed 2.3.2013
- 58_ See www.LuxConnect.lu accessed 2.3.2013
- 59_ See www.LuxConnect.lu accessed 2.3.2013
- 60_ 100 Mbit/s to every household
- 61_ For a full list see http://www.ilr.public.lu/communications_electroniques/registrepublic/index.html accessed on the 3.3.2013
- 62_ Interview of CEO of LuxConnect
- 63_ Discussions with CTO of LuxConnect
- 64_ For further historical information about EPT see <http://www.pt.lu/portal/lang/en/Entreprise/about-us/pid/76> accessed 16.2.2013
- 65_ See www.restena.lu accessed 16.2.2013
- 66_ There is however until today a "Minister in charge of Communications" and a Service des Médias et de la Communication
- 67_ See www.millicom.lu accessed 16.2.2013
- 68_ For a comparison between different access technologies see (Fornfeld et al. 2008)
- 69_ www.LuxConnect.lu accessed 16.2.2013
- 70_ www.teralink.lu accessed 16.2.2013
- 71_ www.internet.lu accessed 16.2.2013
- 72_ www.artelis.lu accessed 16.2.2013
- 73_ See www.hotcity.lu accessed 16.2.2013
- 74_ www.telindus.lu accessed 16.2.2013
- 75_ See www.lu-cix.lu accessed 16.2.2013

References

- Airolidi, M.-J., 2012. Le comportement des Luxembourgeois face aux nouvelles technologies de l'information et la communication depuis le début des années 60. , p.4. Available at: www.statec.public.lu.
- Ben Aoun, L. & Dubrochard, A., 2010. TIC, innovation et effets perçus dans les entreprises luxembourgeoises. , (28375), p.28. Available at: <http://mpra.ub.uni-muenchen.de/28375/>.
- Bauer, J.M., 2010. Learning from each other: promises and pitfalls of benchmarking in communications policy. Info, 12(6), pp.8–20. Available at: <http://www.emeraldinsight.com/10.1108/14636691011086017> [Accessed November 8, 2012].
- BooZ&Co, 2012. National Strategy for Very High Speed Networks, Luxembourg.
- Bourgain, A., Pieretti, P. & Høj, J., 2009. Can the Financial Sector continue to be the Main Growth Engine in Luxembourg ? , (660), p.32. Available at: www.oecd.org.
- Cave, M. & Martin, I., 2010. Motives and means for public investment in nationwide next generation networks. Telecommunications Policy, 34(9), pp.505–512. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308596110000807> [Accessed October 11, 2012].
- Cave, M., Prosperetti, L. & Doyle, C., 2006. Where are we going? Technologies, markets and long-range public policy issues in European communications. Information Economics and Policy, 18(3), pp.242–255. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0167624506000357> [Accessed October 25, 2012].
- Curwen, P. & Whalley, Jason, 2011. Mobile telecommunications gives birth to a fourth generation: an analysis of technological, licensing and strategic implications. Info, 13(4), pp.42–60. Available at: <http://www.emeraldinsight.com/10.1108/14636691111146145> [Accessed November 2, 2012].
- Datamonitor, 2010. Luxembourg Country Analysis Report - In-Depth PESTLE Insights. , pp.11–27.
- Deshpande, A., 2013. Broadband deployment and the bandwagon effect in the UK. Info, 15(1).
- Dutta, S. & Lanvin, B., 2013. The Global Information Technology Report 2013 Growth and Jobs in a Hyperconnected World,
- EC, 1990. Directive on competition in the markets for telecommunications services. , p.7. Available at: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:1990:192:0010:0016:EN:PDF>.
- EC, 1987. Towards a dynamic European Economy Green Paper on the Development of the Common Market for Telecommunications Services and Equipment. , (June), p.256. Available at: http://ec.europa.eu/green-papers/pdf/green_paper_telecom_services_common_market_com_87_290.pdf.
- Elixmann, D., Schwab, R. & Stappen, C., 2003. Development of the telecommunications market in Germany since liberalisation. Info, 5(1), pp.41–51. Available at: <http://www.emeraldinsight.com/10.1108/14636690310473881> [Accessed November 12, 2012].
- EU, 2011. Broadband coverage in Europe in 2011, Brussels. Available at: <http://ec.europa.eu/digital-agenda/>.
- Fayot, F. & Funck, L., 2012. Luxembourg's TMT Sector. The Technology Media and Telecommunications Review.
- Fornfeld, M., Delaunay, G. & Dieter, E., 2008. The Impact of Broadband on Growth and Productivity, Brussels. Available at: http://ec.europa.eu/information_society/eeurope/i2010/docs/benchmarking/broadband_impact_2008.pdf.
- Fransman, M., 2001. Evolution of the Telecommunications Industry into the Internet Age. Communications & Strategies, (43), pp.57–113.
- Fransman, M., 2007. Innovation in the New ICT Ecosystem. International Journal of digital Economics, (68).
- Fuentelsaz, L., Maicas, J.P. & Polo, Y., 2008. The evolution of mobile communications in Europe: The transition from the second to the third generation. Telecommunications Policy, 32(6), pp.436–449. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308596108000402> [Accessed October 11, 2012].
- Galloway, L. & Mochrie, R., 2005. The use of ICT in rural firms: a policy-oriented literature review. Info, 7(3), pp.33–46. Available at: <http://www.emeraldinsight.com/10.1108/14636690510596784> [Accessed November 12, 2012].
- Gargano, L., 2012. L'essor du secteur tertiaire au Luxembourg, Luxembourg.

- Gómez-Barroso, J.L. & Feijóo, C., 2010a. A conceptual framework for public-private interplay in the telecommunications sector. *Telecommunications Policy*, 34(9), pp.487–495. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308596110000042> [Accessed October 11, 2012].
- Gómez-Barroso, J.L. & Feijóo, C., 2010b. Unveiling the intricate public-private interplay in next generation communications. *Telecommunications Policy*, 34(9), pp.483–486. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308596110000613> [Accessed October 11, 2012].
- Grajek, M., 2010. Estimating network effects and compatibility: Evidence from the Polish mobile market. *Information Economics and Policy*, 22(2), pp.130–143. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S016762450900050X> [Accessed October 25, 2012].
- Greenstein, S. & Mcdevitt, R., 2012. Measuring the Broadband Bonus in Thirty OECD Countries. *OECD Digital Economy Papers*, (197). Available at: www.oecd.org/sti/working-papers.
- Howick, S & Whalley, J, 2007. Understanding the drivers of broadband adoption: the case of rural and remote Scotland. *Journal of the Operational Research Society*, 59(10), pp.1299–1311. Available at: <http://www.palgrave-journals.com/doi/10.1057/palgrave.jors.2602486> [Accessed October 11, 2012].
- Huigen, J. & Cave, M., 2008. Regulation and the promotion of investment in next generation networks—A European dilemma. *Telecommunications Policy*, 32(11), pp.713–721. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308596108000906> [Accessed October 11, 2012].
- ILR, 2008a. 10 Years Institut Luxembourgeois de Régulation, Available at: www.public.ilr.lu.
- ILR, 1997. Rapport annuel de l'Institut Luxembourgeois des Télécommunications 1997, Available at: www.public.ilr.lu.
- ILR, 1999. Rapport annuel de l'Institut Luxembourgeois des Télécommunications 1999. Available at: www.public.ilr.lu.
- ILR, 2001. Rapport Annuel de l'Institut Luxembourgeois de Régulation, Available at: www.public.ilr.lu.
- ILR, 2002. Rapport Annuel de l'Institut Luxembourgeois de Régulation, Available at: www.public.ilr.lu.
- ILR, 2003. Rapport Annuel de l'Institut Luxembourgeois de Régulation, Available at: www.public.ilr.lu.
- ILR, 2008b. Rapport Annuel de l'Institut Luxembourgeois de Régulation, Available at: www.public.ilr.lu.
- ILR, 2010a. Rapport Annuel de l'Institut Luxembourgeois de Régulation, Available at: www.public.ilr.lu.
- ILR, 2011a. Rapport Annuel de l'Institut Luxembourgeois de Régulation, Available at: www.public.ilr.lu.
- ILR, 2000. Rapport Annuel de l'Institut Luxembourgeois de Régulation 2000, Available at: www.public.ilr.lu.
- ILR, 2004a. Rapport Annuel de l'Institut Luxembourgeois de Régulation 2004, Available at: www.public.ilr.lu.
- ILR, 2005a. Rapport Annuel de l'Institut Luxembourgeois de Régulation 2005, Available at: www.public.ilr.lu.
- ILR, 2006a. Rapport Annuel de l'Institut Luxembourgeois de Régulation 2006, Available at: www.public.ilr.lu.
- ILR, 2007a. Rapport Annuel de l'Institut Luxembourgeois de Régulation 2007, Available at: www.public.ilr.lu.
- ILR, 2009a. Rapport Annuel de l'Institut Luxembourgeois de Régulation 2009, Available at: www.public.ilr.lu.
- ILR, 1998. Rapport Annuel de l'Institut Luxembourgeois des Télécommunications 1998. Available at: www.public.ilr.lu.
- ILR, 2004b. Rapport statistique année 2003, Available at: www.public.ilr.lu.
- ILR, 2005b. Rapport statistique des télécommunications au Luxembourg pour l'année 2005, Available at: www.public.ilr.lu.
- ILR, 2006b. Rapport statistique des télécommunications au Luxembourg pour l'année 2006, Available at: www.public.ilr.lu.
- ILR, 2007b. Rapport statistique des télécommunications au Luxembourg pour l'année 2007, Available at: www.public.ilr.lu.
- ILR, 2010b. Rapport statistique des télécommunications au Luxembourg pour l'année 2010, Available at: www.public.ilr.lu.
- ILR, 2011b. Rapport statistique des télécommunications du Luxembourg de l'année 2011, Available at: www.public.ilr.lu.
- ILR, 2008c. Rapport statistique des télécommunications Luxembourg pour l'année 2008, Available at: www.public.ilr.lu.
- ILR, 2009b. Rapport statistique des télécommunications Luxembourg pour l'année 2009, Available at: www.public.ilr.lu.
- ILR, 2004c. Rapport statistique succinct Année 2004, Available at: www.public.ilr.lu.
- ILR, 2012. Registre public des entreprises notifiées, Available at: www.public.ilr.lu.
- ITU, 2012. Measuring the Information Society, Available at: www.itu.org.
- Jakopin, N.M., 2008. Internationalisation in the telecommunications services industry: Literature review and research agenda. *Telecommunications Policy*, 32(8), pp.531–544. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308596108000682> [Accessed October 11, 2012].
- Koski, H. a. & Majumdar, S.K., 2000. Convergence in telecommunications infrastructure development in OECD countries. *Information Economics and Policy*, 12(2), pp.111–131. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0167624500000032>.
- KPMG, 2012a. Luxembourg Banks Insights 2012,
- KPMG, 2012b. Luxembourg Platform for Business,
- Leduc, K. & Poussing, N., 2003. ICT usage and the partner's location. The case of firms in Luxembourg,
- Mahan, A.K., 2007. ICT indicators for advocacy. *Comunica*, pp.77–95. Available at: http://www.giswatch.org/sites/default/files/gisw_indicators_advocacy.pdf.
- Martin, L., 2008. Understanding the implementation of e-business strategies: Evidence from Luxembourg. , (13645), p.26. Available at: <http://mpra.ub.uni-muenchen.de/13645/>.
- Michaux, R., 2013. Le secteur bancaire au Luxembourg, Luxe,bourg. Available at: <http://www.statistiques.public.lu/catalogue-publications/luxembourg/2013/PDF-05-13.pdf>.
- Nguyen Thi, T.U. & Martin, L., 2010. The Relationship between Innovation and Productivity conditional to R & D and ICT use. An empirical analysis for firms in Luxembourg. In 3rd Vietnam Economist Annual Meeting. pp. 1–27.
- OECD, 2012. OECD Economic Surveys: Luxembourg 2012, Paris: OECD Publishing.
- Parcu, P.L. et al., 2011. Study on Broadband Diffusion: Drivers and Policies, Available at: http://www.irg.eu/streaming/CN_11_81_FSR_Study_on_BB_Promotion_FINAL.pdf?contentId=547201&field=ATTACHED_FILE.
- Preston, P., Cawley, A. & Metykova, M., 2007. Broadband and rural areas in the EU: From technology to applications and use. *Telecommunications Policy*, 31(6–7), pp.389–400. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308596107000420> [Accessed October 11, 2012].
- PWC, 2011. Luxembourg: an e-hub for Europe Opportunities and actions on the horizon 2015, Available at: <http://www.pwc.lu/en/information-communication-technology/publications.jhtml>.
- Ragoobar, T., Whalley, Jason & Harle, D., 2011. Public and private intervention for next-generation access deployment: Possibilities for three European countries. *Telecommunications Policy*, 35(9–10), pp.827–841. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308596111001352> [Accessed October 11, 2012].
- Rood, H. & Te Velde, R. a., 2003. Investment strategies in the Netherlands. *Telecommunications Policy*, 27(10–11), pp.701–715. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S030859610300079X> [Accessed October 11, 2012].
- Schneider, E., 2012. Top 10: Luxembourg ICT assets by Etienne Schneider. In Eurocloud congress 2012. Luxembourg: Eurocloud. Available at: http://www.itone.lu/index.php?option=com_content&task=view&id=7196&Itemid=80.
- SMC, 2009. Plan d'action national en matière de TIC et de haut-débit, Luxembourg.
- SMC, 2010a. Stratégie nationale pour les réseaux à « ultra-haut » débit. Available at: http://www.mediacom.public.lu/institutions/Institutions_nationales/smc/20100309_ngn/Strategie_nationale_pour_les_reseaux_a_ultra-haut_debit.pdf accessed 15th of January 2013.
- SMC, 2010b. Why Luxembourg? A Comprehensive Overview of the Regulatory, Economic and Lifestyle Advantages for ICT and Media Companies, Luxembourg. Available at: <http://www.investinluxembourg.lu/ict/download-free-reports-page?sid=632>.
- Statec, 2012a. Annuaire statistique 2013th ed. STATEC, ed., Luxembourg. Available at: <http://www.statistiques.public.lu/fr/publications/series/annuaire-stat-lux/index.html>.
- Statec, 2012b. Luxembourg in Figures, Luxembourg. Available at: <http://www.statistiques.public.lu/catalogue-publications/luxembourg-en-chiffres/luxembourg-figures.pdf>.
- De Streel, A., 2008. Current and future European regulation of electronic communications: A critical assessment. *Telecommunications Policy*, 32(11), pp.722–734. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308596108000967> [Accessed October 11, 2012].
- Symeou, P.C., 2009. Does smallness affect the liberalisation of telecommunications? The case of Cyprus. *Telecommunications Policy*, 33(3–4), pp.215–229. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308596108001304> [Accessed October 11, 2012].
- Tintor, V., Jankovic, M. & Milicevic, V., 2010. The legal and economic framework of EU Telecom market regulation. *Economic Annals*, 55(185), pp.107–128. Available at: <http://www.doiserbia.nb.rs/Article.aspx?ID=0013-32641085107T> [Accessed October 11, 2012].
- Tooke, A., Whalley, Jason & Howick, Susan, 2006. Broadband diffusion in remote and rural Scotland. *Telecommunications Policy*, 30(8–9), pp.481–495. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308596106000619> [Accessed October 11, 2012].
- Whalley, Jason, 2006. Recent developments in the telecommunications industry of Nepal. *Info*, 8(1), pp.57–71. Available at: <http://www.emeraldinsight.com/10.1108/14636690610643285> [Accessed November 12, 2012].
- Whalley, Jason & Curwen, P., 2005. An investigation into internationalisation among mobile telecommunication companies in 2003. *Info*, 7(4), pp.21–29. Available at: <http://www.emeraldinsight.com/10.1108/14636690510607277> [Accessed November 12, 2012].
- Whalley, Jason & Curwen, P., 2012. Incumbency and market share within European mobile telecommunication networks. *Telecommunications Policy*, 36(3), pp.222–236. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308596111002138> [Accessed October 11, 2012].
- Whalley, Jason & Curwen, P., 2003. Licence acquisition strategy in the European mobile communications industry. *Info*, 5(6), pp.45–57. Available at: <http://www.emeraldinsight.com/10.1108/14636690310507216> [Accessed November 12, 2012].
- Whalley, Jason & Curwen, P., 2006. Third generation new entrants in the European mobile telecommunications industry. *Telecommunications Policy*, 30(10–11), pp.622–632. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308596106000723> [Accessed October 11, 2012].
- Yamakawa, P., Cadillo, G. & Tornero, R., 2012. Critical factors for the expansion of broadband in developing countries: The case of Peru. *Telecommunications Policy*, 36(7), pp.560–570. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308596112000468> [Accessed October 11, 2012].

Wissenschaftler des Luxembourg Centre for Systems Biomedicine (LCSB) der Universität Luxemburg haben herausgefunden, dass Immunzellen im Gehirn eine Substanz herstellen können, die Bakterien am Wachstum hindert: die so genannte Itakonsäure. Bisher gingen Biologen davon aus, dass nur bestimmte Pilze Itakonsäure produzieren.

Itakonsäure

LCSB ENTDECKT KÖRPEREIGENES ANTIBIOTIKUM IM GEHIRN_



Ein Team um Dr. Karsten Hiller, Leiter der Metabolomics-Gruppe am LCSB, und Dr. Alessandro Michelucci, konnte nun zeigen, dass auch so genannte Mikro-Gliazellen aus Säugern dazu in der Lage sind. „Das ist ein bahnbrechendes Ergebnis“, sagt Prof. Dr. Rudi Balling, Direktor des LCSB: „Damit ist uns erstmals der Nachweis eines körpereigenen Antibiotikums im Gehirn gelungen.“ Ihre Ergebnisse haben die Forscher jetzt in dem renommierten Wissenschaftsjournal PNAS veröffentlicht (DOI: 10.1073/pnas.1218599110).

Alessandro Michelucci ist Zellbiologe mit Schwerpunkt Neurowissenschaften. Eine ideale Kombination für das LCSB, an dem neurodegenerative Erkrankungen mit Schwerpunkt Parkinson Krankheit erforscht werden - also die Veränderung von Zellen im Nervensystem des Menschen. „Über Immunreaktionen des Gehirns ist noch wenig bekannt“, sagt Michelucci: „Da wir aber Zusammenhänge zwischen Immunsystem und Parkinson vermuten, wollten wir herausfinden, was im Gehirn passiert, wenn man dort eine Immunreaktion auslöst.“ Michelucci brachte dafür Zellkulturen von Mikrogliazellen, den Immunzellen im Gehirn, mit spezifischen Bestandteilen von Bakterienmembranen

in Kontakt. Die Mikrogliazellen produzierten daraufhin ein Gemisch von Stoffwechselprodukten.

Dieses Gemisch haben die Wissenschaftler in Hillers Metabolomics Gruppe genau analysiert. Ihr Ergebnis: Die Produktion einer bestimmten Substanz ist hochreguliert – Itakonsäure. „Itakonsäure spielt in der Kunststoffproduktion eine wichtige Rolle. Dort wird sie in Bioreaktoren von Pilzen in großem Maßstab produziert“, sagt Hiller: „Dass auch Säugerzellen Itakonsäure synthetisieren können, war eine große Überraschung.“ Allerdings war unklar, wie die Zellen die Substanz herstellen. Über den Vergleich der Sequenz des Enzyms aus den Pilzen mit dem menschlichen Protein konnte Karsten Hiller dann ein menschliches Gen identifizieren, das für ein dem Pilzprotein sehr ähnliches Eiweiß codiert: Immuno-responsive Gene1 oder kurz IRG1. Das war eine bahnbrechende Entdeckung, da die Funktion des Gens bisher unbekannt war, wie Hiller sagt: „Im Zusammenhang mit IRG1 gibt es noch viele weiße Flecken auf der Landkarte. Wir wussten, dass es eine Rolle bei der Immunantwort spielt – aber welche genau, lag im Dunkeln.“

Um das zu ändern, schaltete das Team IRG1 in den Zellkulturen aus, und fügte es in andere Zellen ein, die IRG1 normalerweise nicht ablesen. Die Experimente zeigten, dass in Säugerzellen IRG1 für ein Itakonsäure produzierendes Enzym codiert. Aber warum? Wenn Immunzellen wie Makrophagen oder Mikrogliazellen Bakterien aufnehmen, um sie unschädlich zu machen, können die Eindringlinge trotzdem überleben: Sie schalten einen besonderen Stoffwechselweg ein, den so genannten Glyoxylat-Shunt. Hiller: „Makrophagen produzieren Itakonsäure, um diesen Stoffwechselweg stillzulegen und die Bakterien doch abzutöten, denn Itakonsäure blockiert das erste Enzym in Glyoxylat-Shunt. So unterstützen die Makrophagen die angeborene Immunantwort und verdauen die aufgenommenen Bakterien.“ LCSB-Direktor Prof. Dr. Rudi Balling beschreibt die Perspektiven, die sich aus diesen Erkenntnissen ergeben: „Die Parkinson-Krankheit ist hochkomplex und hat eine Vielzahl von Ursachen. Wir wollen jetzt untersuchen, welche Bedeutung Infektionen des Nervensystems dabei haben - und ob Itakonsäure eine Rolle bei der Diagnose und Therapie von Parkinson spielen kann.“

www.uni.lu

Dans un article publié par le prestigieux magazine Nature Methods, des biologistes de l'Université du Luxembourg, de la Tampere University of Technology et de l'Institute for Systems Biology de Seattle aux États-Unis présentent le plus grand arbre généalogique de cellules humaines.



Biologie cellulaire

DÉVELOPPEMENT DU PLUS GRAND ARBRE GÉNÉALOGIQUE DE CELLULES HUMAINES

Les cellules sont l'élément fondamental de tout organisme vivant. Le corps humain est composé d'un grand nombre de cellules extrêmement spécialisées, telles que les cellules sanguines, les cellules de la peau et les neurones. Nous possédons au total plus de 250 types de cellules différents. Comment celles-ci sont-elles liées les unes aux autres? Quelles sont les spécificités de chaque type de cellule? Et de quoi dépend finalement le développement d'un type cellulaire en particulier?

Pour répondre à ces questions, l'équipe de chercheurs a mis au point une méthode informatique qui utilise des données biologiques déjà établies par des groupes de recherche du monde entier et a analysé celles-ci sous un angle tout à fait original. Pour 166 types de cellules humaines différents, cette méthode leur a permis d'identifier, des facteurs spécifiques qui régulent le développement et la différenciation cellulaire. En s'appuyant sur cette information, les chercheurs sont parvenus à représenter la relation entre les différents types de cellules sous forme du plus grand arbre généalogique actuellement conçu. Ces résultats pourraient bien être le point de départ de l'élaboration de thérapies de remplacement cellulaire.

«De nombreuses maladies, comme la maladie de Parkinson, le diabète, ou de graves brûlures entraînent une perte de cellules ou l'altération de leur fonctionnement», explique le Dr. Merja Heinäniemi, qui a par le passé travaillé au sein de l'Unité de recherche en Sciences de la Vie ainsi qu'au Luxembourg Centre for Systems Biomedicine (LCSB) de l'Université du Luxembourg. «L'idéal serait de pouvoir remplacer les cellules malades par des cellules saines afin de guérir les patients. Cette étude constitue une étape essentielle dans l'élaboration de ce genre de thérapies.»

Le professeur Rudi Balling, directeur du Luxembourg Center for Systems Biomedicine, ajoute: «Cette étude démontre le rôle sans cesse croissant que joue l'informatique dans la biologie et la médecine. Sans l'ordinateur, il aurait été impossible d'analyser ces quantités colossales de données biologiques, qui ont permis de créer la première analyse à grande échelle des régulateurs principaux spécifiques à un type de cellules.»

Publication: Gene-pair expression signatures reveal lineage control. Merja Heinäniemi, Matti Nykter, Roger Kramer, Anke Wienecke-Baldacchino, Lasse Sinkkonen, Joseph Xu Zhou, Richard Kreisberg, Stuart A Kauffman, Sui Huang & Ilya Shmulevich. Nature Methods 2013

www.wen.uni.lu/lcsb

À l'aube du XXe siècle, les Luxembourgeois désireux de mener une carrière d'ingénieurs sont contraints d'étudier à l'étranger. En Belgique, l'Université catholique de Louvain est un point de chute privilégié. Qui sont ces étudiants luxembourgeois inscrits à Louvain en 1900?

LA COMMUNAUTÉ LUXEMBOURGEOISE À L'UNIVERSITÉ CATHOLIQUE DE LOUVAIN EN 1900_

Luc Blanchart – Docteur en Histoire, Art et Archéologie

À la fin du XIXe siècle, en l'absence d'écoles polytechniques au Grand-duché de Luxembourg, les candidats ingénieurs doivent étudier en France (Ecole des Mines de Paris, Ecole centrale des Arts et Métiers de Paris), en Allemagne (Ecole polytechnique d'Aix-la-Chapelle ou de Berlin), en Suisse (Ecole polytechnique de Zürich) et en Belgique, notamment à Louvain et à Liège.

Entre 1877 et 1912, 52% des 469 étudiants luxembourgeois en Belgique sont inscrits à l'UCL. En 1900, ils constituent le deuxième groupe national le plus représenté parmi les étudiants étrangers de l'UCL, après les Allemands et devant les Néerlandais.

Ils sont très majoritairement inscrits aux Ecoles spéciales d'ingénieurs. Pour la période 1898-1902, 23 des 25 luxembourgeois de l'UCL fréquentent l'Ecole des Arts et Manufactures et des Mines, constituant le quart des élèves ingénieurs étrangers.

Si le succès des Ecoles spéciales de Louvain peut s'expliquer par la qualité reconnue de son enseignement, le caractère catholique de l'institution n'y est pas étranger. Les écoles de Louvain ont été spécialement créées en 1864 pour former des ingénieurs catholiques. On peut supposer que cette caractéristique n'a pas laissé insensible la société luxembourgeoise, confrontée, comme sa voisine belge, à un clivage entre cléricaux et anticléricaux.

La place manque ici pour détailler le parcours de chacun de ces élèves ingénieurs luxembourgeois. Il suffit pourtant de mentionner le nom de quelques-uns d'entre eux pour mesurer la richesse de cette petite cohorte.

Des étudiants au parcours prometteur

Parmi les vingt-trois luxembourgeois des Ecoles spéciales, cinq personnalités se détachent.

Émile Bian (1873-1918) est issu d'une famille de notables libéraux. Son frère Félix (1870-1926) et son beau-frère, l'homme de lettres et industriel Lexi Brasseur (1860-1924), sont tous deux des membres influents du parti libéral. Assez curieusement, le jeune Émile poursuit ses études dans la très catholique université de Louvain. Ingénieur diplômé en 1898, Émile intègre immédiatement la société des Hauts-Fourneaux et Forges d'Eich à Dommeldange avant d'en

prendre la direction en 1900. Industriel et esprit scientifique, Bian est aussi une personnalité engagée. De 1902 à 1904, il préside l'Association luxembourgeoise des Ingénieurs et Industriels. En 1916, on le trouve à la présidence de la Fédération nationale des Eclaireurs du Luxembourg à laquelle appartiennent les Eclaireurs de l'Institut Emile Metz, lycée technique fondé en 1913 par la veuve du grand industriel Emile Metz, sur les conseils et la proposition d'Emile Bian.

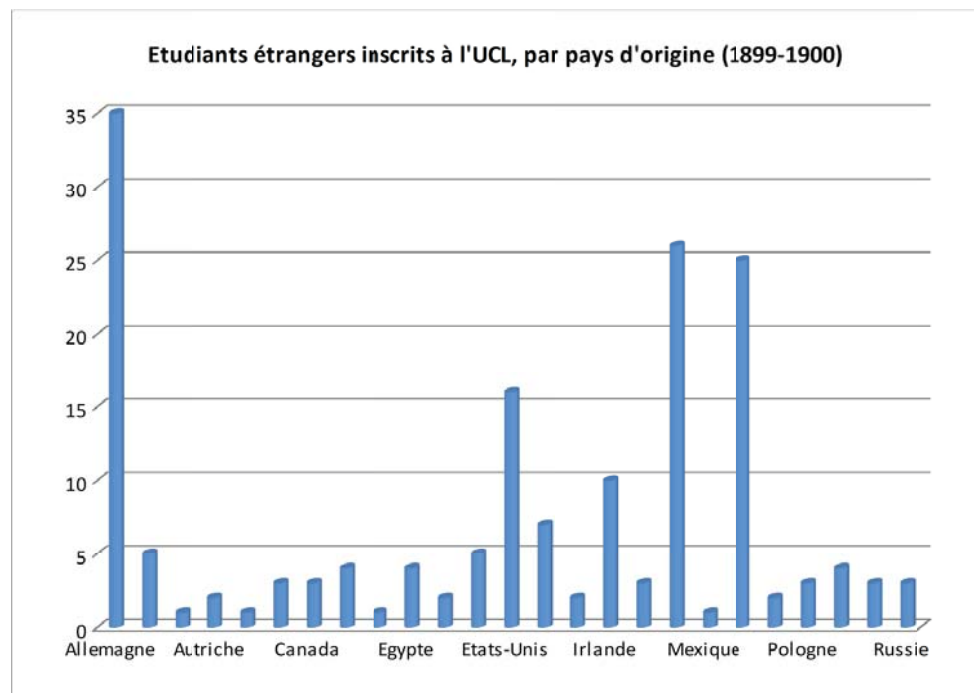
Sorti des Ecoles de Louvain en 1899, **Jean-Baptiste Gratia** (1874-1948) entame sa carrière en Allemagne auprès de la société minière Junckerater Gewerkschaft, puis chez Demag à Duisbourg. Durant la Première Guerre, il est employé comme ingénieur au Deutsche Industrie-Büro à Bruxelles, organisme chargé d'organiser le recrutement de main-d'œuvre pour l'industrie sidérurgique de Rhénanie-Westphalie. Après la guerre, Gratia est chef du bureau d'études de la Société Métallurgique des Terres Rouges jusqu'en 1938, lorsqu'il prend sa retraite.

Jean-Pierre Soisson (1875-1930) est diplômé en 1900. Il entre alors au service de l'Acierie de Dudelange. En 1903, il quitte Dudelange pour les Acieries métallurgiques de Sambre et Moselle, puis les Usines de la Providence à Charleroi. En 1907, recruté par Eugène Ruppert, il prend la direction des Acieries et Laminoirs de Hanyang. La révolution chinoise le contraint à regagner l'Europe en 1911. Après un bref repos, Soisson est chargé de la remise en fonction d'une usine sidérurgique à Malaga. Durant l'immédiat après-guerre, il se voit confier diverses missions d'études en Chine et en Amérique du Sud. En 1923, il est chargé du développement de la Companhia Mecanica à Sao Paulo (Brésil). Il y introduit la fabrication d'acier Martin. En 1928, son état de santé l'oblige à regagner son pays natal.

Léon Thiry (1880-1928) est immédiatement engagé par la Société de Pont-à-Mousson et affecté aux travaux de sondage minier en Campine dès 1902. Il est ensuite promu chef de service à la division des hauts-fourneaux à Auboué, en Lorraine française. Après un passage aux Usines de Wendel à Hayange, il est recruté comme directeur-gérant par la Société des Hauts-Fourneaux, Fonderies et Mines de Halanzy en 1910. Durant la Première Guerre, il ne peut empêcher le démantèlement de son usine par l'Occupant. Contraint à

Population UCL répartie par pays d'origine
pour l'année 1899-1900 (Annuaire UCL, 1901)

Pays	Population
Allemagne	35
Angleterre	5
Argentine	1
Autriche	2
Brésil	1
Bulgarie	3
Canada	3
Costa Rica	4
Cuba	1
Egypte	4
Empire ottoman	2
Espagne	5
Etats-Unis	16
France	7
Grèce	2
Irlande	10
Italie	3
Luxembourg (Grand-duché)	26
Mexique	1
Pays-Bas	25
Philippines	2
Pologne	3
Portugal	4
Roumanie	3
Russie	3
Etrangers	171
Belgique	1774
Total UCL	1945



l'inactivité, il élabore secrètement des plans de reconstruction et se consacre à des œuvres caritatives, comme la Soupe de Guerre pour les enfants des villages lorrains sinistrés. Avec Nestor Outer, un peintre originaire de Virton, il consigne les faits de guerre et les exactions commises par l'armée allemande dans deux opuscules intitulés Soupe de Guerre (1915) et Les larmes gaumettes. Les crimes allemands en lorraine belge (1918). Sitôt le conflit terminé, Thiry saisit l'opportunité de la reconstruction de l'usine de Halanzy pour en faire un outil de production moderne et performant.

Léon Thiry est également administrateur de sociétés (S.A. des Cokes et Fontes spéciales de Hoboken...). Esprit scientifique, il mène des recherches qui l'amènent à déposer plusieurs brevets. Enfin, soucieux de la formation de la jeunesse, il siège au conseil d'administration de l'école des Arts et Métiers de Pierrard-Virton.

Son compagnon de promotion, **Louis Klein** (1880-1967), se spécialise en électricité et en construction des machines à Berlin. Après un stage aux Ateliers Brown Boveri (construction de machines électriques) en Suisse, il est engagé aux Usines de Wendel à Hayange (Lorraine). En 1909, il est recruté par les Usines Remy à Wygmaal, près de Louvain. Il obtient alors la nationalité belge. Peu avant la guerre, Klein est engagé par la S.A. Minoteries et Elevateurs à Grains en Argentine. Il revient en Europe en 1917 pour s'enrôler dans l'armée belge comme volontaire de guerre. Après la Libération, il s'installe définitivement à Bruxelles en qualité d'ingénieur-conseil au service d'entreprises œuvrant en Amérique du Sud et au Congo belge. Enfin, resté proche de son Alma Mater, Louis Klein est membre du Conseil d'administration de l'Union des Ingénieurs sortis des Ecoles spéciales de Louvain en 1942-1945 et en 1951-1954.

Le corps enseignant

Ce rapide panorama ne serait pas complet sans l'évocation des enseignants luxembourgeois. Certes peu nombreux, ils n'en ont pas moins marqué les Ecoles de Louvain de leur empreinte.

Ingénieur diplômé de l'Université de Liège en 1865, **Nicolas Breithof** (1840-1901) est recruté l'année suivante par le recteur de l'UCL, Mgr Laforêt, pour organiser les travaux pratiques des Ecoles spéciales à peine créées. Dès 1872, il

prend en charge l'enseignement de la géométrie descriptive. Conscient des difficultés de l'expatriation, il se montre soucieux du sort des étudiants étrangers. En 1884, il participe à la redynamisation du cercle des étudiants grand-ducaux fondé en 1880 et en accepte la présidence d'honneur. Il exercera également les fonctions de consul de Grèce à Louvain. Parallèlement à sa carrière académique, Nicolas Breithof est nommé inspecteur de l'enseignement du dessin dans les écoles de l'Etat en 1892.

En 1894, le corps professoral s'enrichit d'un autre Luxembourgeois, **Nicolas Sibenaler** (1865-1946). Étudiant austère autant que brillant, il accumule les diplômes. Ingénieur et docteur en sciences physiques et mathématiques, Sibenaler effectue un voyage d'étude en France, en Allemagne et en Suisse avant de retrouver l'Université de Louvain en 1890 comme professeur de mathématiques. Il prend la nationalité belge en 1893. Professeur intransigeant mais juste, Sibenaler passe pour avoir été particulièrement sévère à l'encontre de ses compatriotes depuis son exclusion du cercle luxembourgeois en 1886, alors qu'il était étudiant.

Enfin, plus discrètement, **Vincent Lenertz** (1864-1914) œuvre comme directeur des travaux graphiques pour la section d'architecture. Originaire d'Echternach et établi à Louvain depuis 1885, il y a suivi les cours d'architecture. Architecte reconnu, il collabore avec Georges Helleputte, le grand maître du néogothique, sur plusieurs chantiers louvanistes (Collège Juste Lipse, Institut électromécanique...). On lui doit également le Musée minier du Chanoine Henry de Dorlodot ainsi que de nombreuses églises du Limbourg. Il est assassiné le 26 août 1914 lors du sac de Louvain par l'armée allemande.

Cette modeste approche de la petite communauté luxembourgeoise de Louvain à la Belle Epoque met en lumière les liens étroits unissant l'Université de Louvain au Grand-duché de Luxembourg.

Ce bref parcours invite par ailleurs à mener une recherche plus systématique sur ces ingénieurs luxembourgeois afin de mesurer leur participation au développement économique de la Belgique et du Grand-duché dans le difficile contexte de ce premier XXe siècle.

The principle aim of this programme is to create a long term strategic partnership between the Green Roofs Research Group at The University of Sheffield (USFD) and ZinCo GmbH (ZinCo) an SME that leads the international field in development and supply of green roof technology. The partners both aspire to increase their knowledge and capacity in relation to the development of environmentally sustainable and attractive green roof systems. This will be achieved through significant exchange of personnel between the two partners over the duration of the project and through the temporary recruitment of 3 new experienced researchers. We have prepared an innovative programme of research, knowledge transfer and networking which will ultimately, through enhancing the capacity of the partners, enhance the EU standing in the area of green roof technology particularly in relation to its international competitors.

The Green Roof Research Conference, Sheffield

GREEN ROOF SYSTEMS PROJECT

The University of Sheffield

State of the Art

Green roofs are vegetated roof surfaces. Modern green roof technologies were developed in Germany, and since that time, green roof systems have been exported across the world. Green roofs have received widespread uptake in Germany and other north-European countries, and are a common feature of built development, because of the multiple benefits that they offer to urban environments (including stormwater attenuation, biodiversity support, summer cooling of buildings, and aesthetic and amenity values).

The green roof industry has been established in Germany for 30 years. Over that time intense research has been undertaken to develop reliable and efficient systems. As a result, two main types of green roof are recognized. The 'intensive green roof' is the traditional roof garden, employing relatively deep layers of growing medium, and supporting a range of landscape elements, from trees and shrubs through to lawns and water bodies. In contrast, the 'extensive green roof' is light-weight, low-cost and low-maintenance, but is generally inaccessible to people.

Early green roof research focused on the root resistance of waterproofing membranes. Other important research focused on the development of substrates that were best suited to the different types of green roofs. But the main focus of much of the later research has been on the hydrological performance of green roofs in relation to their runoff characteristics. This hydrological work was undertaken largely in the context of German building regulations which describe the standards for runoff to roof drainage outlets. By-and-large the hydrological work has been restricted to knowledge about the specific performance of proprietary systems, rather than the development of generic process-based understanding and modeling tools.

The end result of this system development over several decades is that the vast majority of extensive green-roofs consist of thin, mainly mineral-based growing media (in general 60–80mm in depth) and are dominated by plants from the genus *Sedum*. Sedums are succulent plants that typically form low-growing carpets of vegetation. The development of these sedum roofs has matched very closely the requirements of building owners and the construction industry,

and this type of roof has been exported from Germany to become the "international norm". If managed well, sedum carpets are stable over time and form uniform vegetation covers. But in several respects these roofs with thin layers do not deliver optimal performance. Limitations affect rainwater-retention, rainwater-runoff-delay, thermal qualities, ecological benefits regarding flora and fauna, reduction of urban air-pollutants and having an attractive aesthetic appearance. In effect these roofs can be seen as a protection layer for the water-proofing of the roof, with little effect on run-off coefficients and some improvement regarding flora and fauna. Some research has been undertaken on the benefits of green-roofs to biodiversity – but the general conclusions have been that more than 100 mm of substrate is required in order to get a real benefit. This is often not possible for buildings with limited load bearing capacities.

For intensive green-roofs the end result of the development process has been that the systems usually need additional watering in summer and levels of maintenance similar to that of a garden on the ground. With changing climate, there are already severe restrictions in irrigating green surfaces in the hot and dry months, and these restrictions will surely increase in the future. So there is a pressing demand for good-looking green-roofs without the need for additional watering. There has been little research in this area at present, but it is an area that will become more increasingly important.

The original drivers for the development of green roof technology in Germany are still valid. However, in the last five years the context and reasons for green roof installation have changed somewhat, and some of the fundamental qualities of the now traditional sedum carpet are being called into question, and as a result and by implication, the fundamental basis of the contemporary green roof industry is also being challenged. This is of crucial importance to the green roof industry because the model light-weight sedum roof does not appear to deliver, in the long-term, the desired objectives for extensive green-roofs of being rich in species, both in flora and fauna, having an attractive appearance, and performing well in reducing stormwater runoff-peaks. Intensive green-roofs are

still desired and necessary – but the demand for accessible green roof systems that are less resource and maintenance-intensive systems and which have high aesthetic value is increasing.

The implication of these new developments is a changing view of green roofs, from static systems designed to resist change, to a view of green roofs as dynamic systems that undergo succession and change in the same way as landscapes on the ground. In essence: a change from viewing green roofs as an engineering challenge to a more ecologically-influenced viewpoint of green roofs as ecosystems. This ecological view demands that extensive green roofs become biologically more diverse whilst also offering improvements in delivery of 'ecosystem services' such as stormwater retention, carbon sequestration, energy conservation, nutrient cycling, support for faunal diversity. Intensive green roofs must become more sustainable in reducing or eliminating the need for additional water, and in reducing their maintenance requirements, whilst remaining aesthetically attractive and green.

The emerging drivers for the evolution and development of commercial green roof products include:

Extensive green roofs

Developing a longer water supply out of the systems in order for the vegetation to survive drought periods, whilst ensuring that under wetter conditions there shall not be an over-supply of water, which may promote unwanted changes in the vegetation –e.g. fast growing grasses becoming established which disturbs the drought resistant vegetation. This requires new focus on evapotranspiration processes and inter-event moisture balance and transfer within the system, and scope for new science. Previous work has tended to focus on storm events; but what happens between the events is also critical here. This relates to a combination of plant physiology and growing medium physical properties

Increasing pressure to include native plant species and to widen the plant diversity of green roofs, in the context of a widespread surge in interest in the biodiversity potential of green roofs, and in the need to develop vegetations with low water demand and drought resistance characteristics.

A new focus on stormwater attenuation for their use integrated in stormwater management systems. Much of the previous hydrological work in Germany focused on runoff characteristics to meet roof drainage outlet requirements. This data is not applicable for use in modeling green roof integration within complete stormwater management systems. There is a need for process-based understanding of performance, linked to fundamental physical properties of the system, to enable comprehensive modelling and system design.

A renewed focus on the aesthetics and visual quality of green roofs, rather than a singular focus on their ecological benefits.

Intensive green roofs

The need to eliminate irrigation or decrease irrigation to a minimum – roof greening that requires regular water input is contrary to the fundamental tenets of sustainable urban development and irrigation is unlikely to be an option in the future. There are two main aspects that need to be considered. Firstly, testing for suitable plants that require minimal irrigation as an alternative to current planting regimes. For example, a lawn needs up to 5-7 liters of water per m² day in summer. Secondly, development of the green roof system components to retain and deliver water. This refers not only to growing media, but also to the other components and layers.

More complex hydrological modeling. The run-off characteristics are also important for intensive green-roofs, and the thicker substrate layers in comparison to extensive green roofs promote enhanced performance. However, the hydrological performance of intensive roofs has been little studied, for practical reasons.

The overall aim of this programme is to further develop the strategic partnership between the University of Sheffield and ZinCo through fundamental research on new materials, substrates, plants and green roof components to maximize their efficiency under moisture stress and to promote drought tolerance without irrigation.

Research Programme

The partners ZinCo and University of Sheffield share the same desire to develop an integrated and ecological approach to the understanding, design and implementation of green roof systems. This ethos is reflected in our research objectives and methodology as described below.

The University of Sheffield hosts The Green Roof Centre, which undertakes fundamental research on green roof properties and performance. It has supported the installation of a wide range of green roofs in the city of Sheffield, all of which are accessible as research roofs, and all of which are of a similar age. Extensive outdoor and indoor research facilities and laboratories enable fundamental green roof research to be undertaken.

ZinCo is one of the original German green roof companies, and as such has unrivalled experience in product development and green roof research. The company has testing laboratories and trial and demonstration green roofs. Indeed, the buildings at ZinCo HQ support green roofs of differing ages, ranging from several decades through to relatively recent. The company also has access to many hundreds of installed green roofs in the immediate area of Stuttgart, where they are based.

Im Rahmen des luxemburgischen Staatsbesuches in Österreich wurde ein Kollaborationsabkommen zwischen dem Institut für Immunologie, CRP-Santé (LNSI) und der Universität Wien unterzeichnet. Das Hygiene-Institut der Universität Wien und das luxemburgische Institut haben vereinbart, gemeinsam an der Entwicklung verbesserter Möglichkeiten zur Diagnose der Borreliose zu arbeiten.



KOLLABORATIONSABKOMMEN ZWISCHEN DEM INSTITUT FÜR IMMUNOLOGIE UND DER UNIVERSITÄT WIEN_



Sowohl in Österreich als auch in Luxemburg spielt die Borreliose eine immer größere Rolle. Prof. Gerold Stanek, Hygiene-Institut Wien, ist einer der herausragenden Wissenschaftler Europas auf dem Gebiet der Borreliose. Das Institut für Immunologie arbeitet seit 2007 auf Krankheitserregern, die von Zecken übertragen werden.

In Luxemburg haben 8% der Bevölkerung und sogar 35% der Risikogruppen Berührung mit dem Erreger der Borreliose, auch wenn dies nicht immer zur Krankheit führt. Jede sechste Zecke in Luxemburg ist mit dem Erreger der Borreliose infiziert und nicht selten wird beim Zeckenstich der Erreger auf den Menschen übertragen.

Die klinische Diagnose der Borreliose wird durch die oftmals unspezifischen Symptome und das Fehlen eines zuverlässigen

labordiagnostischen Nachweises der aktiven Krankheit erschwert. Aus diesem Grund wird die zum Teil schwer verlaufende Infektionskrankheit oft erst spät oder gar nicht diagnostiziert.

Das Forschungsinstitut CRP-Santé ist Mitglied im Luxembourg BioHealth Cluster, das aktiv zur Organisation des sektorspezifischen Rahmenprogrammes des Staatsbesuches in Österreich beigetragen hat, um die in Luxemburg vorhandenen Kompetenzen vorzustellen und die Interessen der luxemburgischen Forschungsakteure zu vertreten.

www.crp-sante.lu



EVA

ENVIRONNEMENT ET
AGRO-BIOTECHNOLOGIES



ISC

INFORMATIQUE, SYSTEMES
ET COLLABORATION



SAM

SCIENCE ET ANALYSE
DES MATERIAUX



CRP - GABRIEL LIPPMANN

TROIS DÉPARTEMENTS
AU SERVICE DE VOTRE INNOVATION

Acteur majeur de la recherche scientifique et du transfert de technologie au Luxembourg, le CRP-Gabriel Lippmann met à votre service ses compétences de haut niveau et ses technologies de pointe.





Prima Aussichten!

**Du interessierst Dich für Technik?
Du willst wissen, wie die Dinge
wirklich laufen? Dann solltest Du
Ingenieurwissenschaften studieren.**

**Ob Hochhaus oder Handy, ob Windkraft
oder Windkanal:
Hinter jeder Innovation stehen
Ingenieure - und wir bilden sie aus.**

Wir bieten:

- zwei Bachelor-Studiengänge
- anschließende Master-Studiengänge
- ein flexibles Studienprogramm
- eine internationale Ausbildung
- individuelle Betreuung
- Industriekontakte
- ein Umfeld mit exzellenten Jobaussichten

Interessiert? Mehr Infos per Mail an
ingenieur@uni.lu

Universität Luxemburg - my University!

www.uni.lu

Tel. +352 46 66 44 - 6617/6222



Un projet innovant à développer?

Trouvez les informations, les partenaires et les aides sur le Portail luxembourgeois de l'innovation et de la recherche.

Ce portail est la source d'informations de référence en matière d'innovation et de R&D au Luxembourg. Un outil indispensable pour trouver des financements, des partenaires, vous informer sur les nouvelles offres de technologies, promouvoir les compétences de votre entreprise et suivre toute l'actualité du secteur.

www.innovation.public.lu

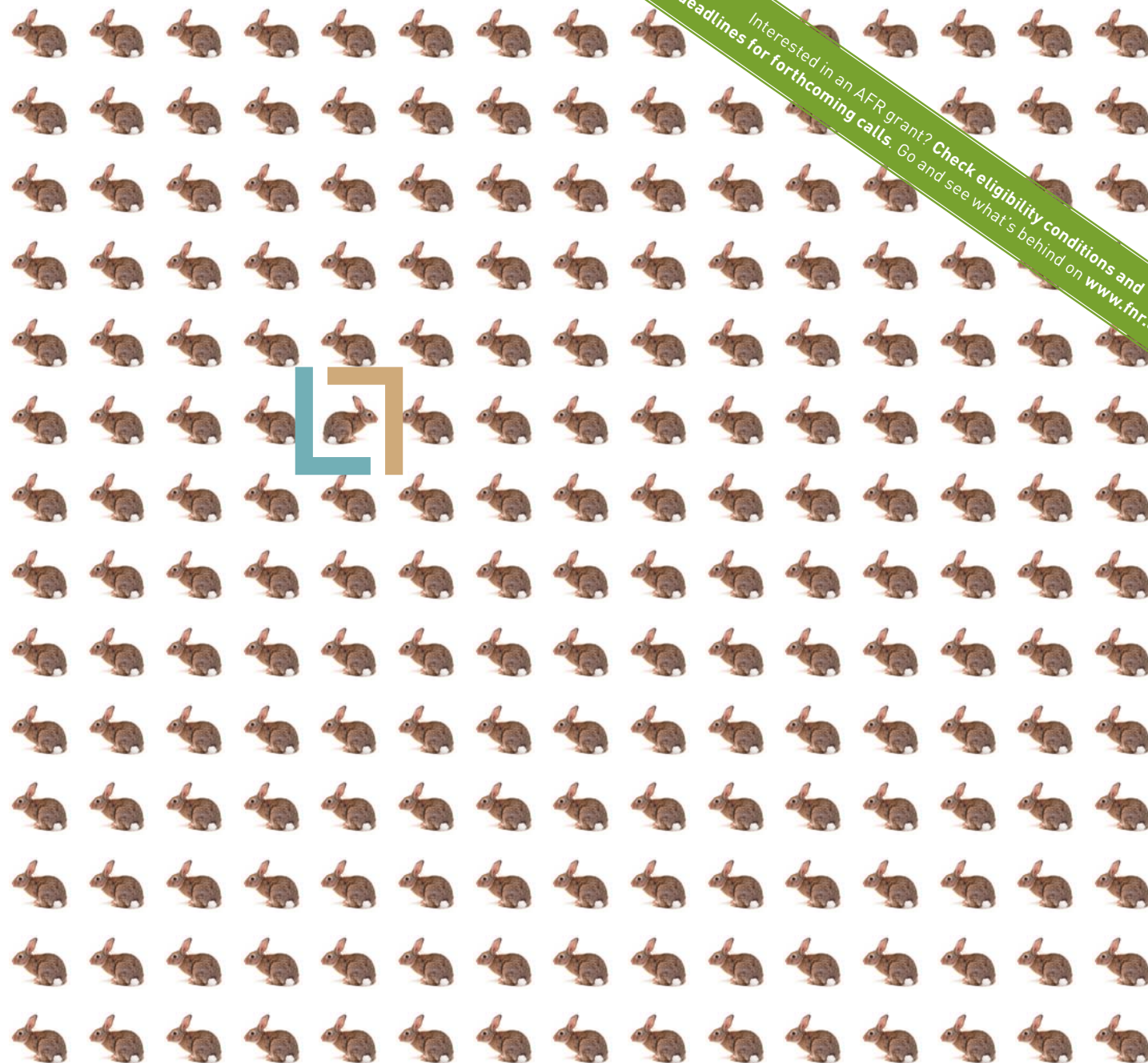
L'innovation et la recherche commencent ici.



Avec le soutien de :



Interested in an AFR grant? Check eligibility conditions and deadlines for forthcoming calls. Go and see what's behind on www.fnr.lu/afr



PhD and Postdoc Grants for Public-Private Partnerships See what's behind.

Through its **AFR Grant Scheme**, the National Research Fund Luxembourg (FNR) supports **PhD and Postdoc researchers** in Luxembourg and abroad. Next to offering grants for research projects carried out in public research institutions, AFR strongly encourages research projects performed **as public-private partnerships (PPP) with Luxembourg-based companies**. The salary of the PhD or Postdoc researcher who will work on a research project as a member of the company's staff will be paid through the AFR-PPP grant scheme, whereas the full costs of the research will be borne by the company. In order to benefit of the **financial support** for PPP under AFR, an innovative research project needs to be developed jointly by the PhD/Postdoc candidate, the private company and a public research institution in Luxembourg or abroad.

AFR contributes to the development of human resources in Luxembourg research, translated in the long term by an increased number of qualified researchers pursuing a research career beyond their period of AFR funding.

Interested in hosting an AFR fellow during his or her PhD or Postdoc training? Go and see what's behind on www.fnr.lu/afr or send an email to afr@fnr.lu

AFR
FUNDING SCHEME
FOR PHDS AND POSTDOCS
(AIDES À LA FORMATION-RECHERCHE)



 Fonds National de la
Recherche Luxembourg
INVESTIGATING FUTURE CHALLENGES