



Martin Wisthaler, BSc

# Elektrizitätswirtschaftliche Analyse des Baltikums

## MASTERARBEIT

zur Erlangung des akademischen Grades

Diplom-Ingenieur

Masterstudium Elektrotechnik

eingereicht an der

**Technischen Universität Graz**

Betreuer

Dipl.-Ing. BSc Martin Strohmaier

Begutachter

Assoc.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Udo Bachhiesl

Institut für Elektrizitätswirtschaft und

Energieinnovation

Graz, Februar 2017

## **EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG**

### **AFFIDAVIT**

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt, und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe. Das in TUGRAZonline hochgeladene Textdokument ist mit der vorliegenden Masterarbeit identisch.

*I declare that I have authored this thesis independently, that I have not used other than the declared sources/resources, and that I have explicitly indicated all material which has been quoted either literally or by content from the sources used. The text document uploaded to TUGRAZonline is identical to the present master's thesis.*

---

Datum / Date

---

Unterschrift / Signature

## **Danksagung**

An dieser Stelle möchte ich mich ganz herzlich bei allen Mitarbeitern des Institutes für Elektrizitätswirtschaft und Energieinnovation in Graz, für die immer freundliche und hilfsbereite Unterstützung, sowie für die angenehme Arbeitsatmosphäre bedanken.

Ich danke Herrn Dipl.-Ing. BSc Martin Strohmaier für die Betreuung meiner Arbeit und Herrn Assoc.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Udo Bachhiesl, der den Grundstein für diese Arbeit gelegt hat.

Weiters möchte ich mich für die hilfreichen Anregungen und Diskussionen bei Herrn Mag.rer.soc.oec. Gerald Feichtinger bedanken.

Ebenso möchte ich mich bei meinen Studienkollegen und Freunden für eine erlebnisreiche Studienzeit bedanken, auf die man immer wieder gerne zurückblickt.

Mein besonderer Dank gilt meinen Eltern, die mir dieses Studium finanziell ermöglicht haben und mich in all den Jahren durch ihren Rückhalt gestärkt haben. Auch meiner Freundin Gerda gebührt mein herzlichster Dank. Sie war mir mit ihrem positiven Denken und ihren liebevollen Worten ein wichtiger Rückhalt.

## **Kurzfassung**

Die drei Länder Estland, Lettland und Litauen sind schon seit geraumer Zeit politisch und wirtschaftlich fest im Westen verankert. Nun gilt das Streben der baltischen Staaten nach einer stabilen Energieversorgungssicherheit und der Unabhängigkeit von Russland. Im Zuge des Baltic Energy Market Interconnection Plans seitens der Europäischen Kommission, soll eine schrittweise Integration der baltischen Staaten in das Europäische Verbundnetz erfolgen, damit die angestrebten Ziele erreicht werden können.

Der Kern dieser Arbeit, ist eine elektrizitätswirtschaftliche Analyse des Baltikums, welche die Aspekte wie die Erzeugungsstruktur, die Netzstruktur, die Verbrauchssituation, den Energiemarkt, sowie die Entwicklungen in den genannten Bereichen, aufzeigen soll. Anhand der analysierten Daten wird eine Nachbildung der Elektrizitätswirtschaft im Simulationsmodell ATLANTIS, welches vom Institut für Elektrizitätswirtschaft und Energieinnovation der Technischen Universität Graz entwickelt wurde, erstellt. Das Modell spiegelt die gesamte Elektrizitätswirtschaft des Baltikums bis 2030 wieder, wodurch verschiedene Aussagen in diesem Bereich getroffen werden können. Die nachgestellten Szenarien sollen unter anderem die Integration des Baltikums in das Europäische Verbundnetz, sowie eine Desynchronisation vom russischen System nachbilden.

## **Abstract**

Estonia, Latvia and Lithuania have been politically and economically connected to the western world for a few decades. The Baltic nations are now striving after both, a stable and steady electrical power supply as well as independence from Russia. The Baltic nations shall gradually be integrated into the European interconnected systems, in order to achieve the objectives set by the Baltic Energy Market Interconnection Plan on part of the European Commission.

The main objective of this thesis is to analyse the Baltic nations' electricity industry by illustrating the production and network structures, consumption levels, energy market in general as well as the development of these industries. According to the results, a simulation model with ATLANTIS (which was developed by the Institute for Electricity Economics and Energy Innovation of the Technical University in Graz) is created. This model will mirror the entire Baltics' electricity industry until 2030, which will enable to draw final conclusions in this field. The following scenarios will recreate among others the integration of the states into the European interconnected system as well as a desynchronisation from the Russian system.

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung.....</b>	<b>1</b>
1.1	Ausgangslage und zentrale Fragestellung .....	1
1.2	Ziel der Arbeit und methodische Vorgangsweise .....	1
1.3	Generelle Grundlagen zur Entwicklung des Elektrizitätsmarktes im Baltikum .....	2
<b>2</b>	<b>Estland .....</b>	<b>3</b>
2.1	Grundlagen .....	3
2.1.1	Allgemein .....	3
2.1.2	Historisches .....	4
2.1.3	Politik .....	4
2.1.4	Wirtschaft .....	5
2.1.5	Energiestrategie .....	8
2.2	Analyse des Aufbringungssektors .....	9
2.2.1	Allgemeines .....	9
2.2.2	Ölschieferkraftwerke .....	10
2.2.3	Gaskraftwerke .....	12
2.2.4	Wasserkraftwerke .....	13
2.2.5	Windkraftwerke .....	14
2.2.6	Biomasse bzw. Biogaskraftwerke .....	16
2.2.7	Abfall .....	18
2.2.8	Entwicklung des Kraftwerksparks .....	19
2.3	Das Elektrizitätsnetz .....	20
2.4	Die Verbraucherseite .....	22
2.4.1	Überblick .....	22
2.4.2	Bevölkerungsverteilung .....	23
2.4.3	Verbrauchsschwerpunkte .....	24
2.5	Der Elektrizitätsmarkt .....	25
2.5.1	Gesetzliche Rahmenbedingungen .....	25
2.5.2	Marktakteure .....	26

2.5.3	Funktionsweise Strommarkt.....	27
2.5.4	Strompreis .....	28
<b>3</b>	<b>Lettland.....</b>	<b>30</b>
3.1	Grundlagen.....	30
3.1.1	Allgemein .....	30
3.1.2	Historisches .....	31
3.1.3	Politik .....	31
3.1.4	Wirtschaft.....	31
3.1.5	Energiestrategie .....	34
3.2	Analyse des Aufbringungssektors.....	35
3.2.1	Allgemeines.....	35
3.2.2	Gaskraftwerke .....	36
3.2.3	Wasserkraftwerke.....	38
3.2.4	Biomassekraftwerke .....	39
3.2.5	Windkraftwerke.....	40
3.2.6	Entwicklung des Kraftwerkparks .....	42
3.3	Das Elektrizitätsnetz.....	42
3.4	Die Verbraucherseite.....	45
3.4.1	Überblick.....	45
3.4.2	Bevölkerungsverteilung.....	46
3.4.3	Verbrauchsschwerpunkte .....	47
3.5	Elektrizitätsmarkt .....	47
3.5.1	Gesetzliche Rahmenbedingungen .....	48
3.5.2	Relevanten Marktakteure .....	48
3.5.3	Funktionsweise Strommarkt.....	49
3.5.4	Strompreis .....	49
<b>4</b>	<b>Litauen.....</b>	<b>50</b>
4.1	Grundlagen.....	50
4.1.1	Überblick.....	50
4.1.2	Historisches .....	51

4.1.3	Politik .....	51
4.1.4	Wirtschaft .....	52
4.1.5	Energiestrategie .....	54
4.2	Analyse des Aufbringungssektors .....	55
4.2.1	Allgemeines .....	55
4.2.2	Gaskraftwerke .....	56
4.2.3	Wasserkraftwerke .....	58
4.2.4	Windkraftwerke .....	60
4.2.5	Biomassekraftwerke .....	62
4.2.6	Solaranlagen .....	63
4.2.7	Abfall .....	64
4.2.8	Atomkraftwerke .....	65
4.2.9	Entwicklung des Kraftwerkparks .....	66
4.3	Das Elektrizitätsnetz .....	67
4.4	Die Verbraucherseite .....	70
4.4.1	Überblick .....	70
4.4.2	Bevölkerungsverteilung .....	71
4.4.3	Verbrauchsschwerpunkte .....	72
4.5	Der Elektrizitätsmarkt .....	73
4.5.1	Gesetzliche Rahmenbedingungen .....	73
4.5.2	Relevante Marktakteure .....	73
4.5.3	Funktionsweise Strommarkt .....	75
4.5.4	Strompreis .....	75
<b>5</b>	<b>Simulation .....</b>	<b>76</b>
5.1	Simulationsmodell .....	76
5.2	Berücksichtigte Szenarien .....	78
5.2.1	Szenario 1: Stilllegung des Kernkraftwerks Ignalina in Litauen im Jahre 2009 .....	79
5.2.2	Szenario 2: Anschluss des Baltikums an das ECN bzw. an das VN der Nordischen Länder im Jahr 2016 .....	81
5.2.3	Szenario 3: Entwicklung des physikalischen Lastflusses für das Jahr 2020 .....	84

5.2.4	Szenario 4: Geplante Synchronisation mit dem ECN und gleichzeitige Desynchronisation vom IPS/UPS im Jahr 2025 .....	87
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>90</b>
	<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>92</b>
	<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>93</b>
	<b>Tabellenverzeichnis.....</b>	<b>97</b>
	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>99</b>

# 1 Einleitung

## 1.1 Ausgangslage und zentrale Fragestellung

Der baltische Raum (Estland, Lettland, Litauen) ist eines der prioritären Gebiete, welcher im Zuge der Weiterentwicklung der Europäischen Union (EU) auch elektrizitätswirtschaftlich integriert werden soll. Es gibt dazu seitens der EU den so genannten Baltic Energy Market Interconnection Plan (BEMIP). Im Rahmen dieser Arbeit wird eine elektrizitätswirtschaftliche Länderanalyse des Baltikums durchgeführt, um im Zuge der Integration des Baltikums in ATLANTIS eine entsprechende Analyse durchzuführen. Insbesondere werden Aspekte wie Erzeugungsstruktur, Netzstruktur, sowie Verbrauchssituation behandelt.

## 1.2 Ziel der Arbeit und methodische Vorgangsweise

Das Ziel dieser Arbeit ist es, eine elektrizitätswirtschaftliche Analyse der drei baltischen Staaten durchzuführen. Die ermittelten Daten rund um die Erzeugungs- und Netzstruktur, sollen in die Datenbank des Simulationsprogramms ATLANTIS, des Instituts für Elektrizitätswirtschaft und Energieinnovation, integriert werden. Mit den Ergebnissen aus ATLANTIS können verschiedene Szenarien der Elektrizitätswirtschaft nachgestellt werden und zukünftige Entwicklungen im Bereich der gesamten Elektrizitätswirtschaft im UCTE-Gebiet aufgezeigt werden. Für die drei baltischen Staaten wurden in den **Kapiteln zwei, drei und vier** jeweils folgende Daten ermittelt:

Im Kapitel *Grundlagen* werden die Bereiche Geographie, Geschichte, Politik, Wirtschaft und Energiestrategie aufgezeigt.

Das *zweite Unterkapitel* beschäftigt sich mit der Analyse des Aufbringungssektors. Es werden die unterschiedlichen Kraftwerkstypen samt ihrer technischen Kenndaten und geographischen Lage aufgezeigt. Die Strategische Entwicklung des Kraftwerksparks schließt das Kapitel ab.

Das *dritte Unterkapitel* behandelt das Elektrizitätsnetz der jeweiligen Länder. Es wird das Übertragungsnetz (ÜN), sowie die unterschiedlichen Entwicklungen im Netzbereich beschrieben.

Im *vierten Unterkapitel* erfolgt die Verbrauchsaufteilung auf die unterschiedlichen Netzknoten. Die Bereiche wie Bevölkerungsverteilung und Verbrauchsschwerpunkte spielen hier eine zentrale Rolle.

Das *fünfte Unterkapitel* behandelt den Elektrizitätsmarkt. Die gesetzlichen Grundlagen, die beteiligten Akteure, sowie die Ausrichtung des Strommarktes sind hier wesentlich.

Im **fünften Kapitel** werden die ermittelten Daten mit dem Simulationsprogramm ATLANTIS ausgewertet. Zu Beginn folgt eine kurze Einführung in das Simulationsprogramm, gefolgt von den visuellen Ergebnissen der Lastflussberechnungen für die berücksichtigten Szenarien.

Im **sechsten und letzten Kapitel**, werden die im Rahmen dieser Arbeit gewonnenen Erkenntnisse zusammengefasst.

### **1.3 Generelle Grundlagen zur Entwicklung des Elektrizitätsmarktes im Baltikum**

Das Europäische Verbundsystem (EV), ist ein europaweites engmaschiges Stromnetz aus Hoch- und Höchstspannungsleitungen und dient zur Übertragung und Verteilung von elektrischer Energie. Es wird auf einer Spannungsebene von 220 kV bzw. 400 kV betrieben und gliedert sich in folgende darin synchron agierenden Verbundnetze (VN):

- Irland (IRL)
- Großbritannien (UK)
- Nordische Länder (Nordic)
- Interconnected Power System / Unified Power System (IPS/UPS)
- European Continental Network (ECN)

Die Elektrizitätsnetze der drei baltischen Staaten sind ein Teil des russischen Verbundsystems IPS/UPS und agieren synchron in diesem mit weiteren Ländern wie Russland und Weißrussland. Sie werden auf einer Höchstspannungsebene von 330 kV betrieben und zurzeit erfolgt die Frequenzregelung der baltischen EN von einem zentralen Kontrollzentrum aus, welches sich in Moskau befindet. Um das gemeinsame Streben der baltischen Staaten nach einer stabilen Energieversorgungssicherheit und der Unabhängigkeit von Russland zu realisieren, hat man sich die Integration in das ECN zur Priorität für die nächsten Jahre gesetzt. Die politischen Entscheidungen für eine Abkopplung vom IPS/UPS und eine Integration in das ECN werden im Folgenden genauer analysiert: (ENTSO-E, 2016a)

- Der erste Schritt für eine Energieunabhängigkeit wurde von den Ministerpräsidenten der baltischen Staaten im Jahre 2007 gesetzt. Die Energieisolation der baltischen Staaten vom Rest der EU soll gelöst werden und ihre Elektrizitätsnetze sollen in ein System mit einheitlichen technischen Standards integriert werden.
- "Memorandum of Understanding on the reinforced BEMIP" zwischen der EU, Dänemark, Deutschland, Polen, Finnland, Schweden, sowie dem Baltikum.
- Unterzeichnung des Dekrets für die Energieversorgungssicherheit vom 14. Jänner 2015 durch die Energieminister der baltischen Staaten.

## 2 Estland

In diesem Kapitel erfolgt die Energiemarktanalyse für das nördlichste Land des Baltikums.

### 2.1 Grundlagen

Dieses Kapitel gibt einen grundlegenden Überblick über die wichtigsten Bereiche in der Republik Estland.

#### 2.1.1 Allgemein

Estland liegt im Nordosten von Europa. Im Süden grenzt es zu Lettland und im Osten zu Russland, der Norden und Westen hingegen ist von der Ostsee umgeben (vgl. Abbildung 1). Die Landessprache ist Estnisch. 1,32 Mio. Einwohnern leben auf einem Gebiet, das sich über eine Fläche von 45.227 km<sup>2</sup> erstreckt. Estland ist in 15 Landkreise, 213 kommunale Verwaltungseinheiten, darunter 30 Städte und 183 Gemeinden gegliedert. Umgerechnet ein Drittel der Bevölkerung lebt in der Hauptstadt Tallinn, welche das politische und wirtschaftliche Zentrum des Landes widerspiegelt. Die Bevölkerungsdichte in Estland ist sehr gering, auf einem Quadratkilometer leben ungefähr 31 Einwohner, wodurch die ursprüngliche Natur noch in weiten Gebieten des Landes erhalten ist. Der Wald ist Estlands größter Reichtum, etwas mehr als die Hälfte der Fläche Estlands ist bewaldet, wobei es sich überwiegend um Kiefern- und Birkenwälder handelt. (ES, 2015, S.2-6).



Abbildung 1: Geographische Lage Estlands (Quelle: d-maps, 2015, eigene Darstellung)

### **2.1.2 Historisches**

Die Geschichte Estlands basiert im Wesentlichen auf Statistics Estonia; Minifacts about Estonia. (ES, 2015, S.2)

Die Republik Estland erlangte am 24. Februar 1918 erstmals seine Unabhängigkeit. Noch im November desselben Jahres begann der Unabhängigkeitskrieg gegen die Sowjetunion, welcher am 2. Februar 1920 mit dem Friedensvertrag von Tartu und mit der Anerkennung der Unabhängigkeit Estlands endete. Während des Zweiten Weltkrieges wurde Estland von der Sowjetunion für die darauffolgenden 50 Jahre annektiert, bis man am 20. August 1991 seine Unabhängigkeit wiedererlangte. Weitere wichtige Ereignisse die ausschlaggebend für die Entwicklung der Republik waren, sind:

- NATO-Mitglied seit dem 29. März 2004.
- Beitritt zur Europäischen Union (EU) am 1. Mai 2004.
- Beitritt zur OECD am 9. Dezember 2010.
- Einführung des Euro am 1. Januar 2011 als erster der baltischen Staaten.

### **2.1.3 Politik**

Estland ist seit der Wiedererlangung seiner Unabhängigkeit im August 1991 eine parlamentarische Demokratie. Die gesetzgebende Gewalt liegt beim Parlament "Riigikogu", welches aus 101 Abgeordneten besteht. Die ausführende Gewalt liegt bei der Regierung. Die Parlamentswahlen finden nach dem Verhältniswahlrecht statt und eine Legislaturperiode beträgt vier Jahre. Die aktuelle Regierung wurde nach den Parlamentswahlen am 1. März 2015 gebildet. Der Regierungschef Taavi Rõivas bildet gemeinsam mit seiner liberalen Reformpartei, den Sozialdemokraten und der Partei "Pro Patria and Res Publica Union" die Koalitionsregierung. Das Staatsoberhaupt ist Staatspräsident Toomas Hendrik Ilves, der vom Parlament für eine Amtszeit von fünf Jahren gewählt wird. (Estonia, 2015)

### 2.1.4 Wirtschaft

Heute verfügt Estland über eine offene Wirtschaft, da die Liberalisierung und Privatisierung der Wirtschaft radikal und konsequent vorangetrieben wurden. Durch einige Wirtschaftsreformen Anfang der 90er Jahre, erfolgte die Umwandlung von einer Planwirtschaft zu einer freien Marktwirtschaft. Charakteristische Strukturänderungen für diese Transformation sind die Reduzierung des landwirtschaftlichen Bereiches und die Erweiterung des Dienstleistungssektors und der verarbeitenden Industrie. Das Jahr 2015 war von einem langsamen, aber anhaltendem Wirtschaftswachstum gekennzeichnet. Das Bruttoinlandsprodukt (BIP) betrug in diesem Jahr rund 20,48 Mrd. Euro, was einem Wachstum von 2,5% gegenüber dem Vorjahr entspricht. (AHK, 2014a, S.4-5)

In Abbildung 2 ist das Wachstum des BIP von Estland der Jahre 2005 bis 2015 gegenüber dem Vorjahr dargestellt.

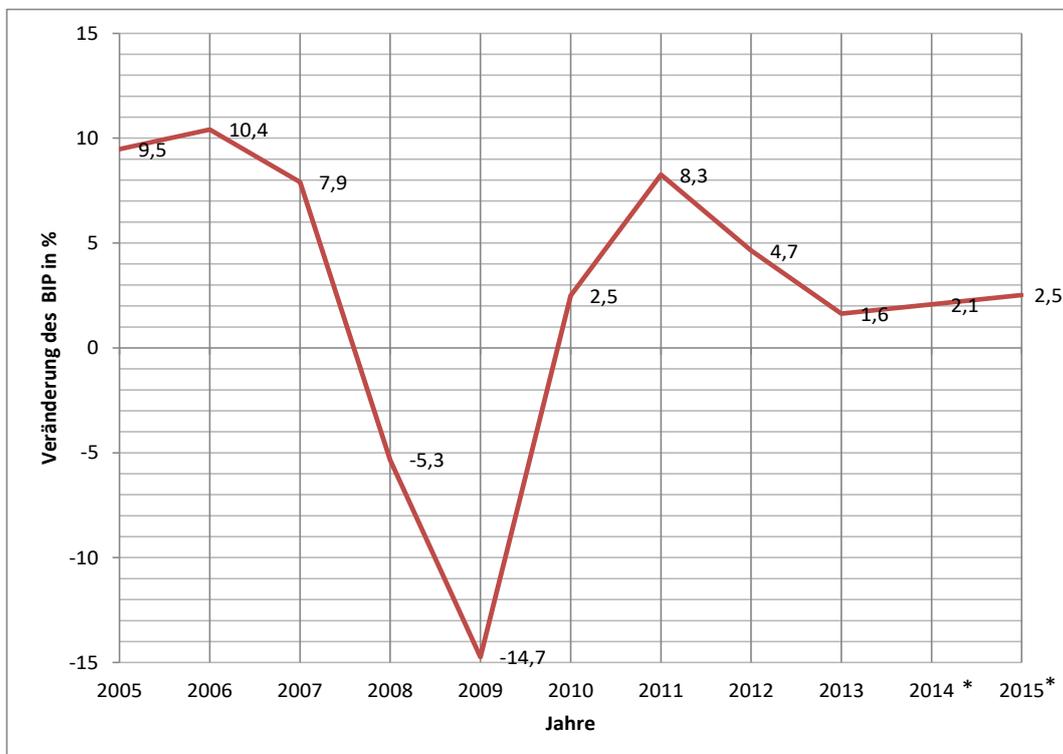


Abbildung 2: Wachstum des BIP von 2005-2015 (Quelle: Statista, 2016, eigene Darstellung)

Nach der starken Rezession in den Jahren 2008 und 2009 hat die estnische Wirtschaft ihre Krise weitgehend überstanden. Ein stabiles Wachstum in den Jahren 2011 (8,3 %) und 2012 (4,7 %) bestätigte diesen Aufwärtstrend. Aufgrund der stark gesunkenen Exportnachfrage wichtiger Handelspartner wie Russland oder Finnland blieb das Wachstum allerdings 2013 nur bei 1,6%. Für die Jahre 2014 bzw. 2015 wird vom Statistik Portal ein Wachstum von 2,1% bzw. 2,5% angegeben.

Im Verlauf der letzten 2 Jahrzehnte haben alle Dienstleistungsbereiche aufgrund der Wirtschaftsreformen ihre Position in der estnischen Wirtschaft ausbauen können. Die Anteile der einzelnen Wirtschaftssektoren am BIP sind aus Abbildung 3 zu entnehmen.

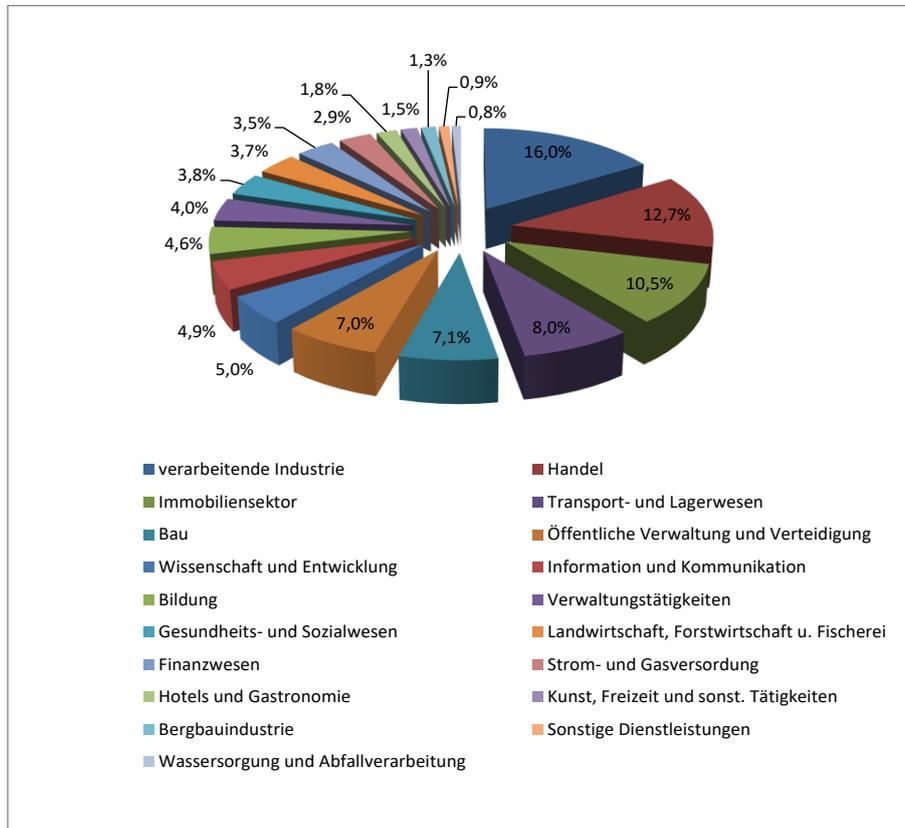


Abbildung 3: Anteile der Wirtschaftssektoren am BIP (Quelle: ES, 2015, S.31, eigene Darstellung)

Insbesondere sind die Bereiche Telekommunikation und IT, sowie der Immobiliensektor hervorzuheben. Der Anteil der verarbeitenden Industrie am BIP liegt bei 16%. Vorherrschende Industriezweige der verarbeitenden Industrie sind die Lebensmittelindustrie sowie die Holz-, Metall- und Elektroindustrie. Auch der Handel steuerte rund 13% am gesamten BIP bei, was wiederum auf eine Wertschöpfung im Einzelhandel zurückzuführen ist. Neben dem Handel, trugen der Immobiliensektor sowie das Transport- und Lagerwesen am meisten zum Wirtschaftswachstum bei.

Was den Außenhandel betrifft sind die EU-Mitgliedstaaten bereits seit Mitte der 90er Jahre wichtige Handelspartner Estlands. 2014 exportierte Estland Güter im Wert von 12,1 Mrd. Euro und importierte gleichzeitig Güter im Wert von 13,7 Mrd. Euro. (ES, 2015, S.38)

Abbildung 4 betrachtet die einzelnen Branchen im Hinblick auf den Export von Gütern.

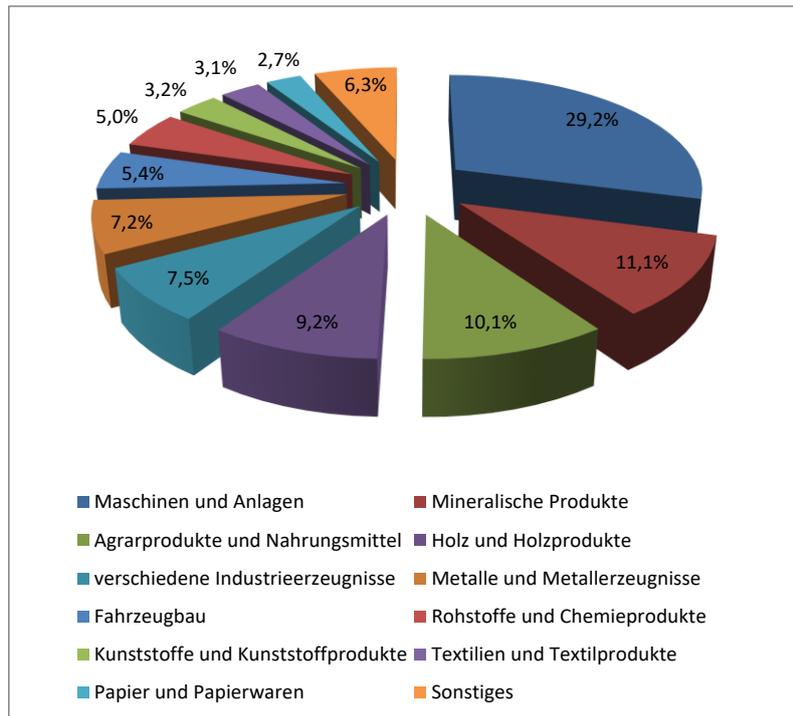


Abbildung 4: Estnische Exporte 2014 (Quelle: ES, 2015, S.41, eigene Darstellung)

Der größte Teil der Exporte ist auf die Bereiche der Maschinen und Anlagen (29,2%), sowie mineralischen Produkte, wie Benzin und Ölschiefer, zurückzuführen. Dicht dahinter folgen die Bereiche Nahrungsmittel und Agrarprodukte (10,1%) sowie Holz und Holzwaren (9,2%). Auch bei den Importen aus Abbildung 5 zeigt sich ein ähnliches Bild.

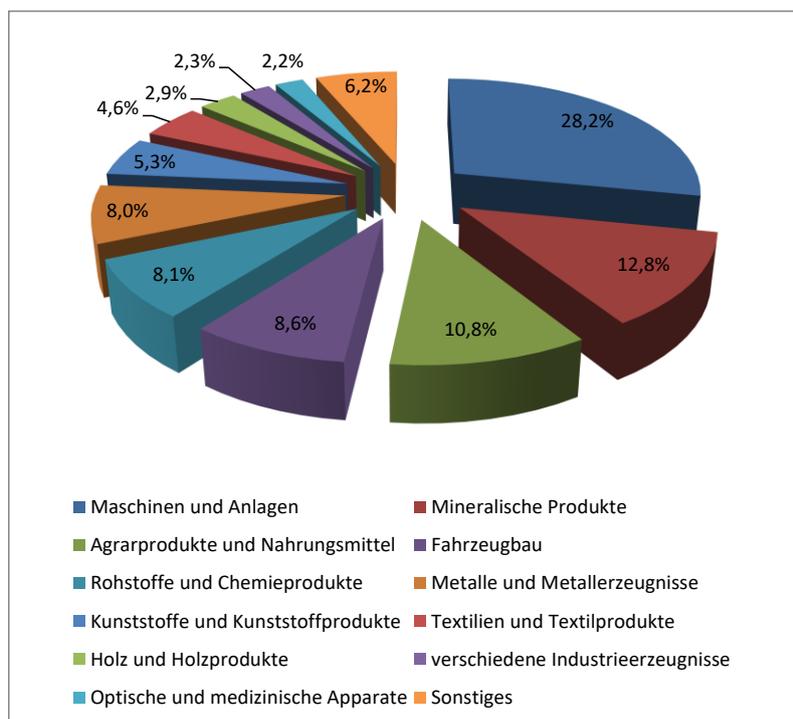


Abbildung 5: Estnische Importe 2014 (Quelle: ES, 2015, S.41, eigene Darstellung)

Es dominieren die Branchen der Maschinen und Anlagen (28,2%), ebenso wie mineralische Produkte (12,8%) und Agrarprodukte und Nahrungsmittel (10,8%). Die weiteren Zweige wie der Fahrzeugbau, Rohstoffe und Chemieprodukte, sowie die Metalle und Metallerzeugnisse machen rund ein Viertel der Importe aus.

Wichtiger Handelspartner im Bereich der Exporte sind Schweden mit 18%, bzw. Finnland mit 15,3 % der gesamten Exporte. Die meisten Importe kommen mit 15,2 % ebenfalls aus Finnland, gefolgt von Deutschland mit einem Anteil von 11,5% der gesamten Importe. (ES, 2015, S.40)

### **2.1.5 Energiestrategie**

Estland hat als Mitglied der EU dieselben Ziele, die auf EU-Ebene bis zum Jahr 2030 festgelegt wurden. Die Hauptelemente der Beschlüsse beim Europäischen Rat in Brüssel vom 23.-24. Oktober 2014 sind: (BMWI, o. J.)

- Reduzierung der Treibhausgasemissionen um mindestens 40 % gegenüber 1990.
- Anteil erneuerbarer Energien am Energieverbrauch von mindestens 27 %.
- Reduzierung des allgemeinen Energieverbrauchs um 27 % bis zum Jahr 2030.

Darüber hinaus hat die estnische Regierung mit der Veröffentlichung des “Aktionsplans zur Nutzung erneuerbarer Energien“ im Jahr 2010 langfristige Entwicklungspläne für den Energiesektor verabschiedet. Dieser überarbeitete Aktionsplan beinhaltet die folgenden Ziele: (AHK, 2014a, S.10)

- Sicherstellung der Energieversorgung zu fairen Preisen.
- Eine Erhöhung der Effizienz in Energieversorgung und -verbrauch.
- Nutzung verschiedener Energiequellen (Zurzeit wird der Großteil der Energie aus Ölschiefer gewonnen).
- Der Anteil der erneuerbaren Energien soll bis 2020 auf 25 % des Endenergieverbrauchs steigen.
- Die Höhe der Stromproduktion aus Kraft-Wärme-Kopplungs (KWK)-Anlagen soll bis zum Jahr 2020 auf 20 % des Bruttostromverbrauchs steigen.
- Bau von zwei Produktionsblöcken des Narva-Kraftwerkes im Nordosten des Landes. Die Gesamtleistung der Blöcke soll zukünftig bis zu 600 MW betragen.
- Die Gesamtleistung der Windkraftanlagen soll auf 900 MW inklusive der notwendigen Reservekapazitäten erhöht werden.

## 2.2 Analyse des Aufbringungssektors

Dieses Kapitel gibt einen grundlegenden Überblick über die unterschiedlichen Typen an Stromerzeugungsanlagen im nördlichsten gelegenen Land des Baltikums.

### 2.2.1 Allgemeines

Basierend auf den Werten von Abbildung 6 wurden in Estland im Jahre 2015 rund 10.417 Millionen kWh Strom erzeugt, was vergleichsweise mit anderen EU-Mitgliedsstaaten einem kleinen Strommarkt entspricht.

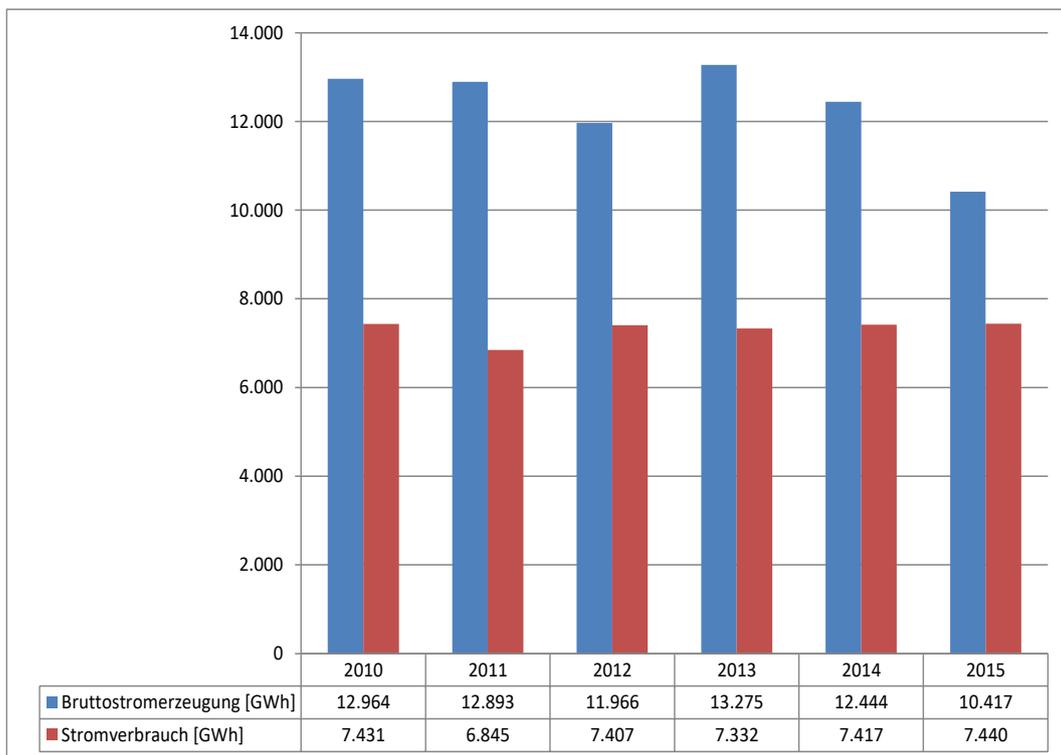


Abbildung 6: Gegenüberstellung von Bruttostromerzeugung und Stromverbrauch in Estland von 2010-2015 (Quelle: ES, 2016, eigene Darstellung)

Vergleicht man die Stromproduktion der letzten Jahre in Estland, erkennt man, dass die Erzeugung im Bereich von 11-13 TWh variiert. Im Jahr 2013 wurde mit 13.275 Millionen kWh ein Maximum an elektrischem Strom erzeugt, im Jahr 2015 mit 10.417 Millionen kWh am wenigsten. Der Rückgang der Stromerzeugung in den letzten zwei Jahren ist laut Statistischem Amt auf die günstigeren Importe aus Skandinavien zurückzuführen. Zieht man den Verbrauch näher in Betrachtung, stellt sich im Gegensatz zur Erzeugung eine Regelmäßigkeit ein. Im Jahr 2015 wurden 7.440 Millionen kWh verbraucht, ähnlich wie 5 Jahre zuvor mit 7.431 Millionen kWh. (siehe auch Tabelle 8)

Dreiviertel der Stromerzeugung basiert auf der Verwendung des wichtigsten lokalen Energieträgers, dem Ölschiefer. Durch die großen Ölschiefervorkommen (nach Angaben des Energieunternehmens Eesti Energia erstrecken sich die Ablagerungen über 3.000 km<sup>2</sup>) ist dem Land zwar eine weitgehende Unabhängigkeit an Stromimporten garantiert, Kehrseite der Medaille hingegen sind jedoch die sehr hohen CO<sub>2</sub>-Emissionen (bis zu 1,196 g CO<sub>2</sub>/kWh (SCHROETER, 2012)). Die Anteile der unterschiedlichen Energiequellen an der Stromproduktion aus dem Jahr 2015 sind in Abbildung 7 veranschaulicht.

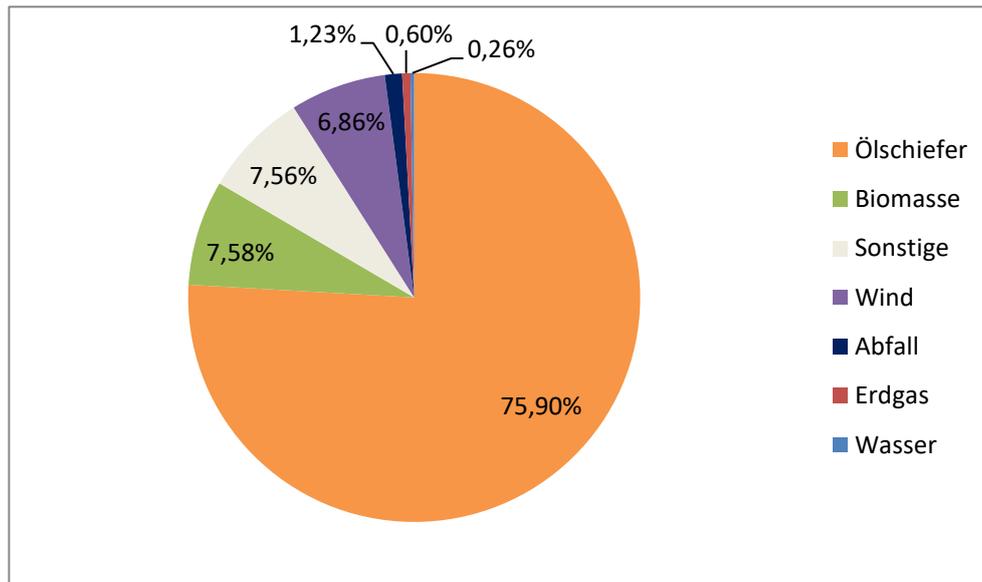


Abbildung 7: Anteil der unterschiedlichen Energieträger an der Stromproduktion 2015 (Quelle: ES, 2016, eigene Darstellung)

Den größten Anteil der erneuerbaren Energien an der Stromproduktion stellt mit 7,58 % die Biomasse dar, gefolgt von Wind mit 6,86 %. Wasser trägt mit 27 Millionen kWh erzeugten Strom einen vernachlässigbar kleinen Anteil bei.

### 2.2.2 Ölschieferkraftwerke

Ölschiefer ist ein dunkel geschichtetes Sedimentgestein, das vor mehreren Millionen Jahren auf dem Grund von Seen und Meeren gebildet wurde. Es wird aus den organischen Substanzen wie Plankton, Algen und Bakterien, die die Biomasse der alten Seen und Meere waren, hergestellt. Ölschiefer kann direkt als Brennstoff zur Herstellung von Energie oder synthetischem Öl verwendet werden. Hohe Preise, die abnehmenden Reserven an Rohöl, sowie das hohe Vorkommen von Ölschiefer im eigenen Land, haben zu einem vermehrten Einsatz von Ölschiefer in der Stromproduktion geführt. (EE, o.J.)

In Abbildung 8 sind die verschiedenen Ölschieferkraftwerke in Estland mittels VISU (Feichtinger, Nischler, Bachhiesl, Stigler, 2015) dargestellt.

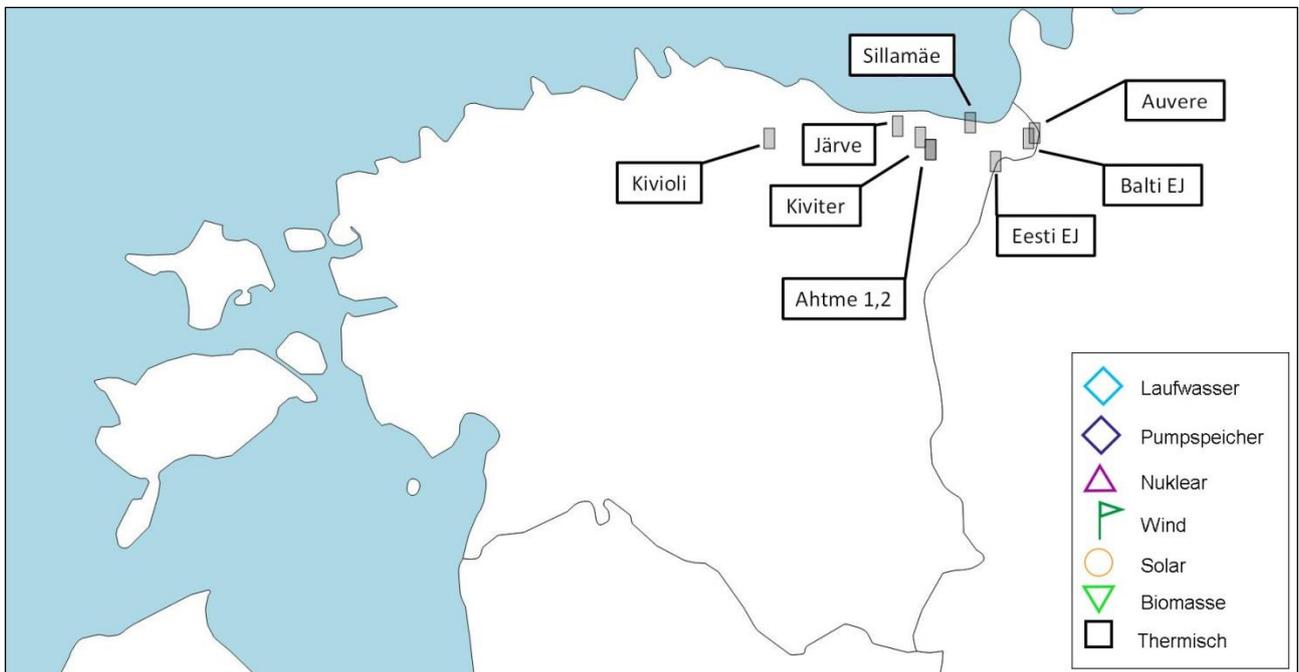


Abbildung 8: Übersicht der analysierten Ölschieferkraftwerke in Estland (Quelle: Feichtinger, Nischler, Bachhiesl, Stigler, 2015)

Die beiden Kraftwerke Balti EJ (432 MW) und Eesti EJ (1.355 MW) in Narva sind die weltweit größten Ölschieferkraftwerke und decken gemeinsam rund 90% der Stromproduktion des Landes ab. Die Jahresproduktion der beiden Kraftwerke beträgt ca. 9 TWh. (EE, o. J.)

In Tabelle 1 sind die berücksichtigten Ölschieferkraftwerke, anhand der installierten Leistung aufgelistet.

Kraftwerk	$P_{\text{Installiert}}$ [MW]	Typ
Eesti Ej	1355	Thermisch, KWK, Ölschiefer
Balti Ej	432	Thermisch, KWK, Ölschiefer
Auvere	300	Thermisch, KWK, Ölschiefer
Kohtla Järve	39	Thermisch, KWK, Ölschiefer
Ahtme 1,2	32	Thermisch, Ölschiefer, seit 2013 a.B.
Sillamäe	18	Thermisch, Ölschiefer
Kivioli	10	Thermisch, Ölschiefer
Kiviter	8	Thermisch, Ölschiefer

Tabelle 1: Auflistung der Ölschieferkraftwerke in Estland (Quelle: Platts, 2015, eigene Darstellung)

Das Ölschieferkraftwerk mit der größten Installierten Leistung, ist der Kraftwerkskomplex von Eesti, mit einer Leistung von 1.355 MW. Die Kraftwerksblöcke Ahtme 1 und 2 sind mit 2013 außer Betrieb gegangen. Das Kraftwerk Auvere hingegen ist mit 2015 ans Netz gegangen.

### 2.2.3 Gaskraftwerke

In Abbildung 9 sind jene mit Erdgas als Brennstoff befeuerten Gaskraftwerke dargestellt.

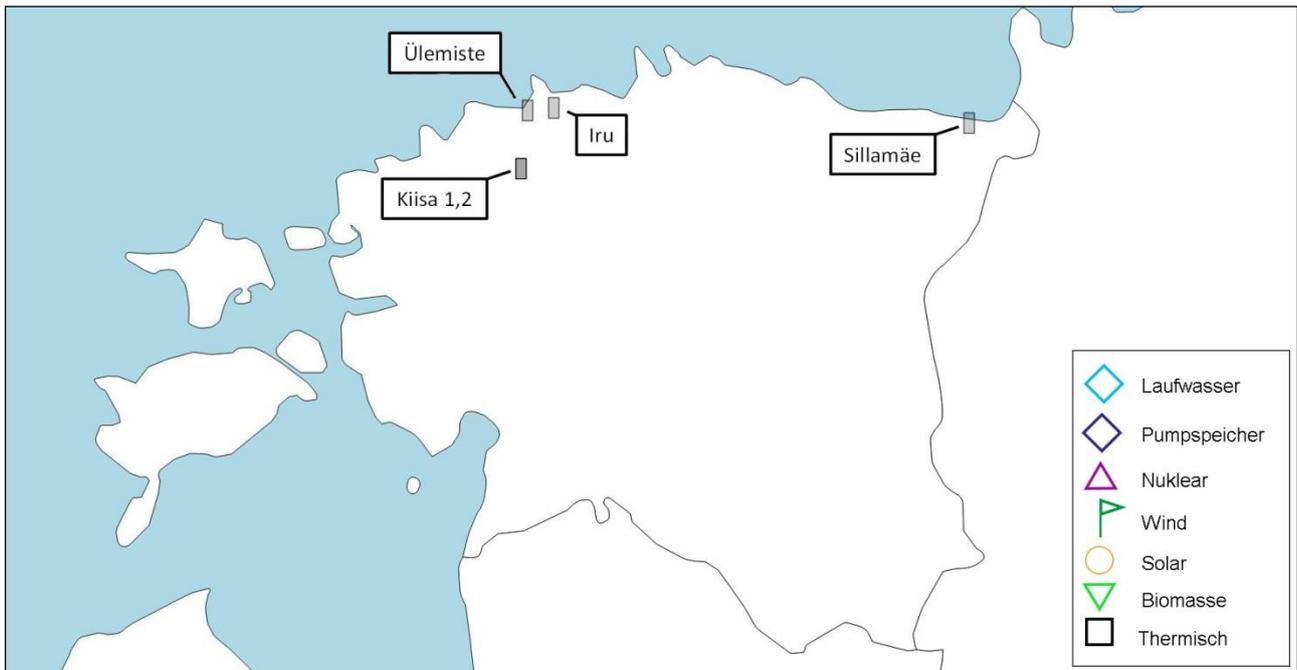


Abbildung 9: Übersicht der Gaskraftwerke in Estland (Quelle: Feichtinger, Nischler, Bachhiesl, Stigler, 2015)

Das Kraftwerk in Kiisa mit einer Gesamtleistung der beiden Blöcke von 250 MW, befindet sich im Besitz des ÜNB Elering und gilt als Notfall-Reservekraftwerk. Es liegt in unmittelbarer Nähe zur Hauptstadt und wird nur im Falle eines Kraftwerksausfalls oder Kapazitätsengpasses betrieben und ist somit nicht am alltäglichen Energiemarkt beteiligt. (Elering, 2014)

Tabelle 2 gibt eine Übersicht über Leistung und Typ der veranschaulichten Kraftwerke.

Kraftwerk	$P_{\text{Installiert}}$ [MW]	Typ
Kiisa 1,2	250	Thermisch, Erdgas
Iru	173	Thermisch, KWK, Erdgas
Ülemiste	11	Thermisch, Erdgas
Sillamäe	6	Thermisch, Erdgas

Tabelle 2: Auflistung der Gaskraftwerke in Estland (Quelle: Platts, 2015, eigene Darstellung)

Das Kraftwerk Iru ist als KWK-Anlage ausgeführt und beliefert als größter Wärmeerzeuger Estlands, die Hauptstadt Tallinn. Es verfügt über zwei kombinierte Einheiten, drei Wasserkessel und

eine Dampfturbine. Das Kraftwerk ist im kombinierten Produktionsbetrieb in der Lage 173 MW Strom, sowie 398 MW Wärme zu produzieren. (EE, o.J.)

## 2.2.4 Wasserkraftwerke

Der Einsatz von Wasserkraftwerken in Estland ist sehr begrenzt. Das führende Energieunternehmen in Estland, Eesti Energia, schätzt ein Potential von rund 30 MW, von denen aber nur gerade ein Drittel nutzbar ist. In Abbildung 10 sind die Standorte, der drei wichtigsten Wasserkraftwerke, welche in den letzten Jahren grunderneuert wurden, dargestellt.

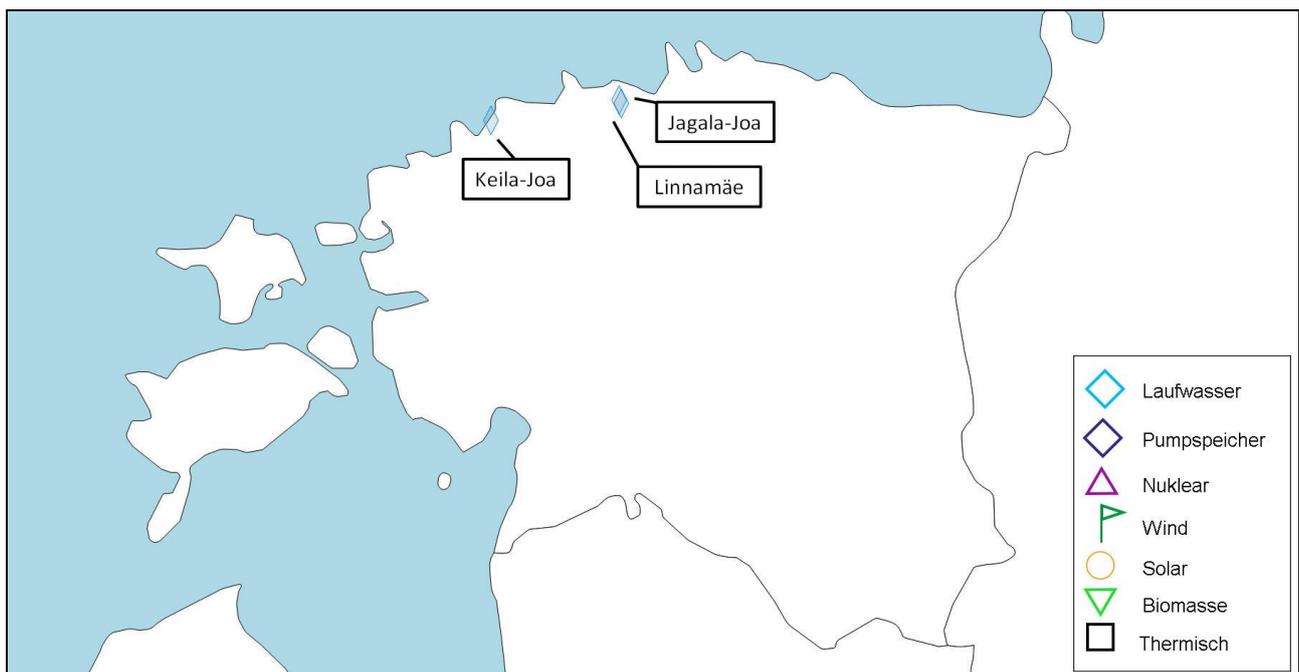


Abbildung 10: Übersicht der Wasserkraftwerke in Estland (Quelle: Feichtinger, Nischler, Bachhiesl, Stigler, 2015)

Das nutzbare Potential zur Stromerzeugung aus Wasserkraft befindet sich im nördlichen Teil des Landes und obwohl die Bedingungen für den Bau von Wasserkraftwerken nicht gerade günstig sind, werden die verfügbaren Ressourcen bestmöglich genutzt. In Tabelle 3 sind die Wasserkraftwerke nach Größe ihrer Installierten Leistung aufgelistet.

Kraftwerk	$P_{\text{Installiert}}$ [MW]	Typ
Jagala-Joa	2	Wasserkraftwerk
Linnamäe	1,152	Wasserkraftwerk
Keila-Joa	0,365	Wasserkraftwerk

Tabelle 3: Auflistung der wichtigsten Wasserkraftwerke in Estland (Quelle: Platts, 2015, eigene Darstellung)

Das Wasserkraftwerk Jagala-Joa ist mit 2 MW das größte in Estland. Die erneuerten Kraftwerke in Linnamäe und Keila-Joa tragen eine gemeinsame Leistung von rund 1,5 MW bei.

## 2.2.5 Windkraftwerke

Das größte Potential für die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in Estland hat die Windkraft. Tabelle 4 listet die verschiedenen Windparks in Estland auf.

<b>Kraftwerk</b>	<b>P<sub>Installiert</sub> [MW]</b>	<b>Typ</b>
Paldiski	45	Wind, Onshore
Aulepa I	39	Wind, Onshore
Narva	39	Wind, Onshore
Aseriaru	24	Wind, Onshore
Virunigula	24	Wind, Onshore
Pakri	18,4	Wind, Onshore
Tooma	16	Wind, Onshore
Esivere I	12	Wind, Onshore
Mali	12	Wind, Onshore
Aulepa II	9	Wind, Onshore
Vanakula	9	Wind, Onshore
Esivere II	8	Wind, Onshore
Ojakula	6,9	Wind, Onshore
Virtsu II	6,9	Wind, Onshore
Virtsu III	6,9	Wind, Onshore
Tamba	6	Wind, Onshore
Nasva III	3,6	Wind, Onshore
Laatsa	3	Wind, Onshore
Salme	3	Wind, Onshore
Virtsu I	2,6	Wind, Onshore
Nasva II	2,3	Wind, Onshore
Aburi	1,8	Wind, Onshore
Nasva I	1,6	Wind, Onshore
Sikassaare	1,5	Wind, Onshore
Torgu	1,11	Wind, Onshore
Sangla	0,3	Wind, Onshore
Turju	0,3	Wind, Onshore

Tabelle 4: Windparks in Estland (Quelle: The Windpower, o.J., eigene Darstellung)

Die geographische Lage mit den langen Küstengebieten und den dazugehörigen kleinen Inselgebieten, sowie die Bevölkerungskonzentration in der Hauptstadt begünstigen die Stromerzeugung. In den letzten Jahren stieg der Bau von Windkraftanlagen stetig an, Tabelle 4 zeigt die unterschiedlichen Windparks samt ihrer installierten Leistung auf. Die Summe der Leistungen beläuft sich auf rund 300 MW, mit dem Ziel die Kapazitäten in den nächsten Jahrzehnten auf das 10-fache zu erhöhen. Der größte Windpark mit einer Gesamtleistung der Windkraftanlagen von 45 MW, befindet sich zurzeit in Paldiski.

In Abbildung 11 sind die Standorte der bestehenden Onshore-Windkraftanlagen veranschaulicht.

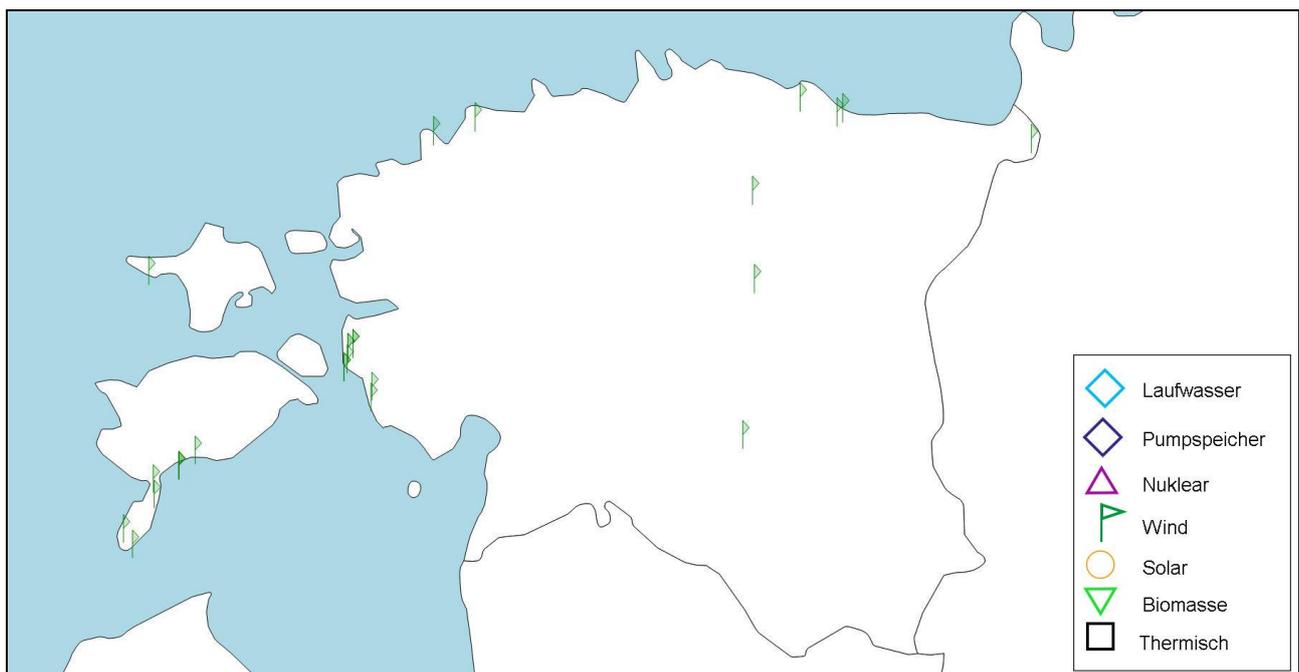


Abbildung 11: Übersicht der Onshore-Windparks in Estland (Quelle: Feichtinger, Nischler, Bachhiesl, Stigler, 2015)

Die Mehrheit der bestehenden Windkraftanlagen befinden auch aufgrund der günstigen Windbedingungen in den Küstengebieten. Nach Angaben vom "The Wind Power Institut", sind mehrere Offshore-Windparks in den Buchten von Hiiumaa und Saare geplant.

## 2.2.6 Biomasse bzw. Biogaskraftwerke

Wie im Kapitel 2.1.5 bereits erwähnt soll die Stromproduktion aus KWK-Anlagen bis zum Jahr 2020 auf 20% des Bruttostromverbrauchs steigen. Tabelle 5 listet die bestehenden Biomasse KWK-Anlagen, die zum Erreichen dieser Ziele bereits beitragen, auf.

Kraftwerk	$P_{\text{installiert}}$ [MW]	Typ
Tallinn 1,2	46,4	Biomasse, KWK
Tartu	25	Biomasse, KWK
Pärnu	24	Biomasse, KWK
Helme	6,4	Biomasse, KWK
Kuessaare	2,2	Biomasse, KWK
Paide	2	Biomasse, KWK

Tabelle 5: Biomassekraftwerke in Estland (Quelle: Platts, 2015, eigene Darstellung)

Die Kraftwerke in Tallinn, Tartu und Pärnu haben gemeinsam eine installierte Leistung von rund 100 MW. Die weiteren KWK-Anlagen tragen mit rund 10 MW nur einen kleineren Beitrag zur Stromerzeugung bei. In Abbildung 12 sind die Standorte der unterschiedlich aufgelisteten Anlagen veranschaulicht.

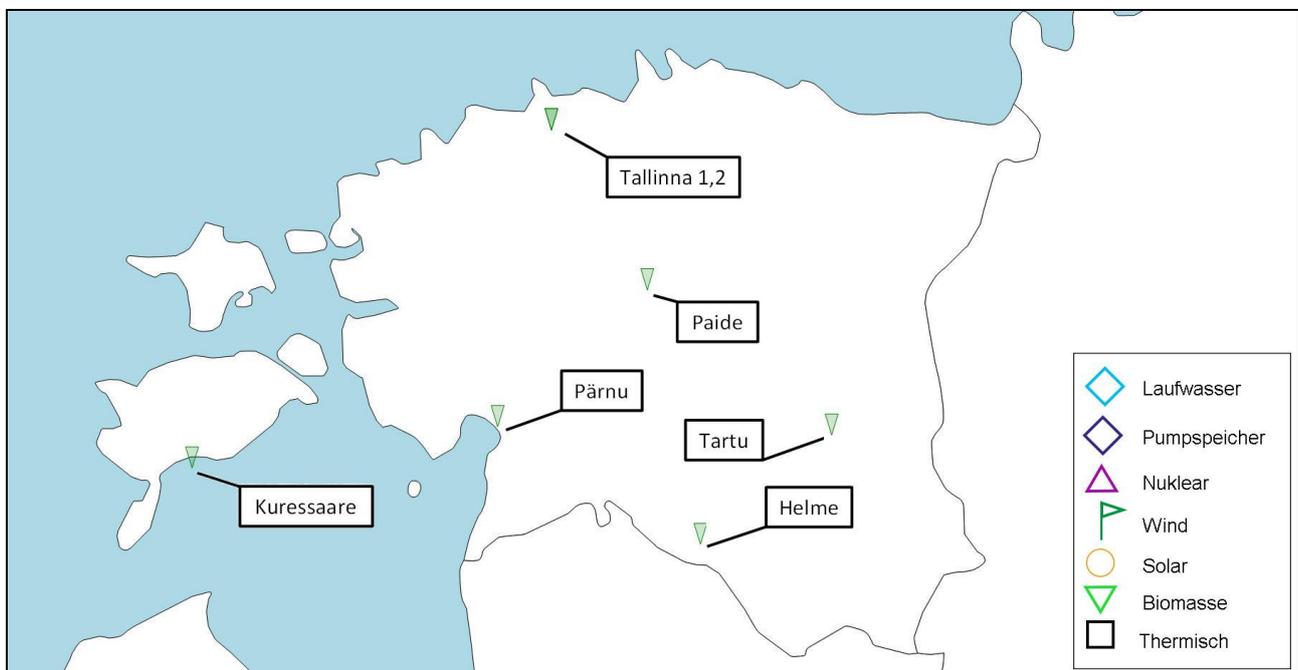


Abbildung 12: Biomasse KWK-Anlagen in Estland (Quelle: Feichtinger, Nischler, Bachhiesl, Stigler, 2015)

Die beiden Kraftwerke Tartu und Pärnu sind im Besitz des Energieunternehmens Fortum und werden beide mit Hackschnitzel befeuert. Ersteres ist seit April 2009 am Netz und besitzt eine Wärmekapazität von 50 MW. Die KWK-Anlage in Pärnu ist seit dem Jahr 2011 am Netz und versorgt mit

einer Wärmekapazität von 48 MW, die Hälfte der Haushalte in Pärnu. (Fortum, o.J.)

Die Kraftwerke, die aus Rohstoffen wie landwirtschaftlichen Abfällen Strom erzeugen, sind in Abbildung 13 dargestellt.

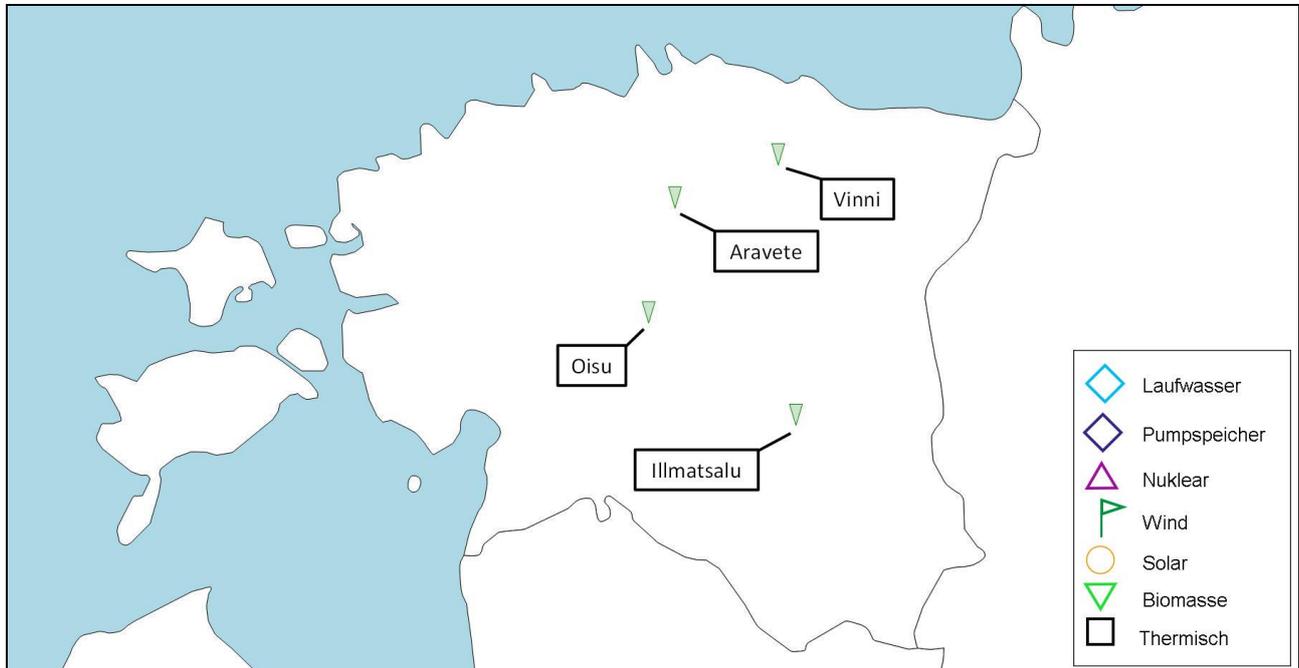


Abbildung 13: Biogaskraftwerke in Estland (Quelle: Feichtinger, Nischler, Bachhiesl, Stigler, 2015)

Die Lage der unterschiedlichen Biogasanlagen befindet sich im Zentrum des Landes. Die Leistungen der einzelnen Anlagen in Aravete, Illmatsalu, Vinni und Oisu befinden sich im einstelligen MW-Bereich, wobei die detaillierten Angaben zur Nennkapazität in Tabelle 6 aufgelistet sind.

<b>Kraftwerk</b>	<b><math>P_{\text{installiert}}</math> [MW]</b>	<b>Typ</b>
Aravete	2	Biogasanlage
Illmatsalu	1,5	Biogasanlage
Vinni	1,36	Biogasanlage
Oisu	1,2	Biogasanlage

Tabelle 6: Biogasanlagen in Estland (Quelle: Platts, 2015, eigene Darstellung)

Die größte Biogasanlage ist das Kraftwerk Aravete mit einer elektrischen bzw. thermischen Leistung von 2 MW. Die Anlage speist seit dem Jahr 2014 in das estnische Verteilernetz ein. (Platts, 2015)

### 2.2.7 Abfall

Das erste und einzige Kraftwerk in Estland, das aus der Verbrennung von Müll Energie erzeugt, befindet sich in der Stadt Iru (vgl. Abbildung 14).

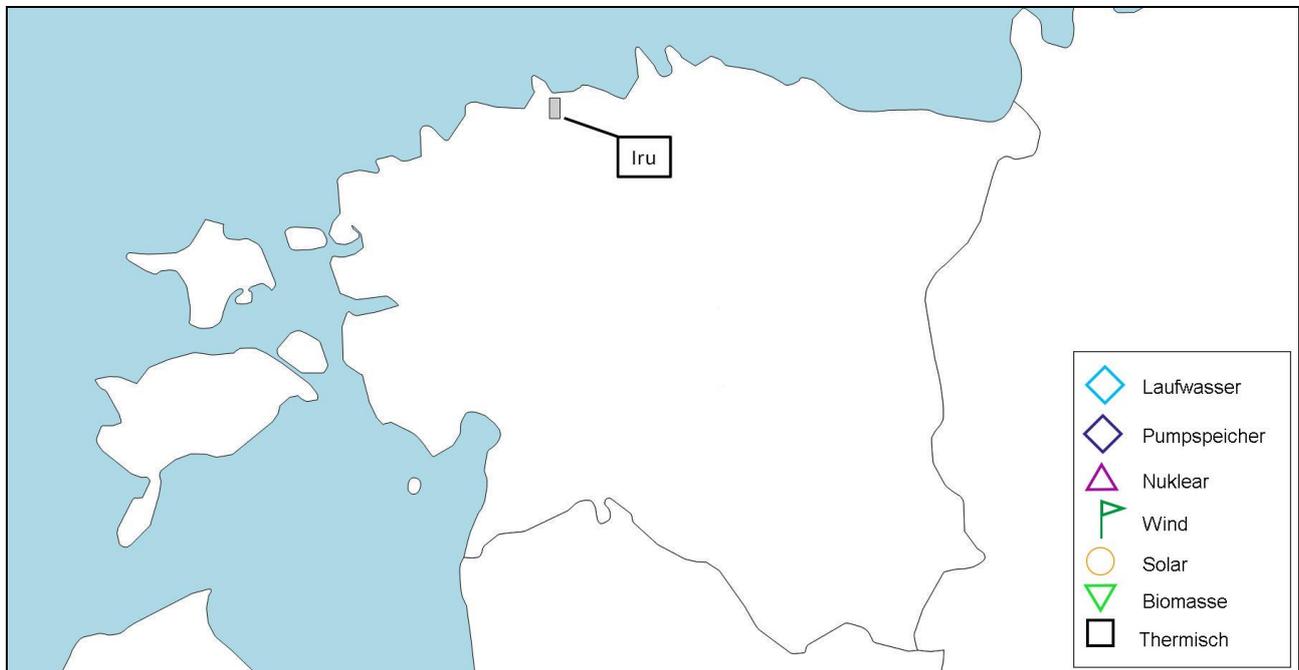


Abbildung 14: Strom- und Wärmeerzeugung durch Müllverbrennung in Iru (Quelle: Feichtinger, Nischler, Bachhiesl, Stigler, 2015)

Es handelt sich um eine KWK-Anlage, welche die bei der Müllverbrennung entstehende Hitze zum Heizen, sowie zur Stromerzeugung nutzt. Seine elektrische Kapazität beträgt 17 MW, die Wärmeleistung rund 50 MW. (EE, o.J.)

## 2.2.8 Entwicklung des Kraftwerksparks

In Tabelle 7 ist die gesamte Entwicklung des Energiesektors bis zum Jahre 2050 dargestellt, wie sie aus dem von der EU veröffentlichten Referenzszenario 2016 entnommen wurde

Jahr	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
<b>Nettoerzeugungskapazität [MW]</b>	<b>2.689</b>	<b>2.273</b>	<b>2.210</b>	<b>2.288</b>	<b>2.305</b>	<b>2.363</b>	<b>2.512</b>	<b>3.528</b>
Kernenergie	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Erneuerbare Energien</b>	<b>312</b>	<b>343</b>	<b>354</b>	<b>454</b>	<b>738</b>	<b>795</b>	<b>931</b>	<b>1.734</b>
Wasser	8	8	8	8	20	22	23	20
Wind	303	334	345	445	717	772	907	1.713
Sonne	1	1	1	1	1	1	1	1
Sonstige	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Thermische Kraftwerke</b>	<b>2.377</b>	<b>1.930</b>	<b>1.856</b>	<b>1.833</b>	<b>1.567</b>	<b>1.568</b>	<b>1.582</b>	<b>1.794</b>
KWK	439	272	257	355	283	298	382	351
Ölschiefer	1.871	1.408	1.408	1.408	631	631	468	468
Gas	362	373	299	272	777	777	743	959
ÖL	0	0	0	0	0	0	0	0
Biomasse	144	148	148	154	158	159	371	367
Durchschnittliche Auslastung der Erzeugungskapazitäten [%]	40,9	51,1	52,7	42,9	45,1	43,5	43,8	33,0
Anteil KWK an Bruttostromerzeugung [%]	12,7	11,4	9,6	12,4	11,7	13,5	17,5	16,4
Anteil Erneuerbare Energien an Bruttostromerzeugung [%]	13,6	14,0	14,3	20,8	32,2	32,9	49,1	67,0

Tabelle 7: Entwicklung des estnischen Kraftwerksparks von 2015-2050 (Quelle: EU-RS, 2016, eigene Darstellung)

Es wird ersichtlich, dass der Anteil der erneuerbaren Energien an der Bruttostromerzeugung bis 2050 auf rund zwei Drittel der Gesamtproduktion ansteigen wird, wobei die Stromerzeugung in den Thermischen Kraftwerken, die mit Ölschiefer und Gas befeuert werden, stetig abnehmen. Genauer gesagt, soll die Erzeugung aus Ölschiefer, welche enorme Emissionswerte aufweist, von 70% Anteil, bis 2050 auf einen Anteil von nur mehr 13% der Gesamtproduktion verringert werden. Somit soll rund die Hälfte der gesamten Stromerzeugung aus den neu geplanten Windkraftanlagen erfolgen. Der Ausbau der Solarkraftwerke bzw. der Photovoltaikanlagen soll in Zukunft keine große Rolle spielen.

## 2.3 Das Elektrizitätsnetz

Der unabhängige Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB) in Estland ist das Unternehmen Elering AS. Die Hauptaufgabe des Unternehmens besteht darin, den Betrieb, die Instandhaltung, sowie die Entwicklung der Infrastruktur der Hochspannungsnetze zu gewährleisten. Des Weiteren ist das Unternehmen verpflichtet den Stromhändlern diskriminierungsfreien Zugang zu den Netzen zu gewähren. Zur Sicherstellung einer langfristigen Versorgungssicherheit strebt man die Integration in das Elektrizitätssystem der Europäischen Union und somit eine Unabhängigkeit Russlands an.

Abbildung 15 zeigt das ÜN in Estland, wie es im Simulationsmodell ATLANTIS mit Hilfe der VISU dargestellt wird.

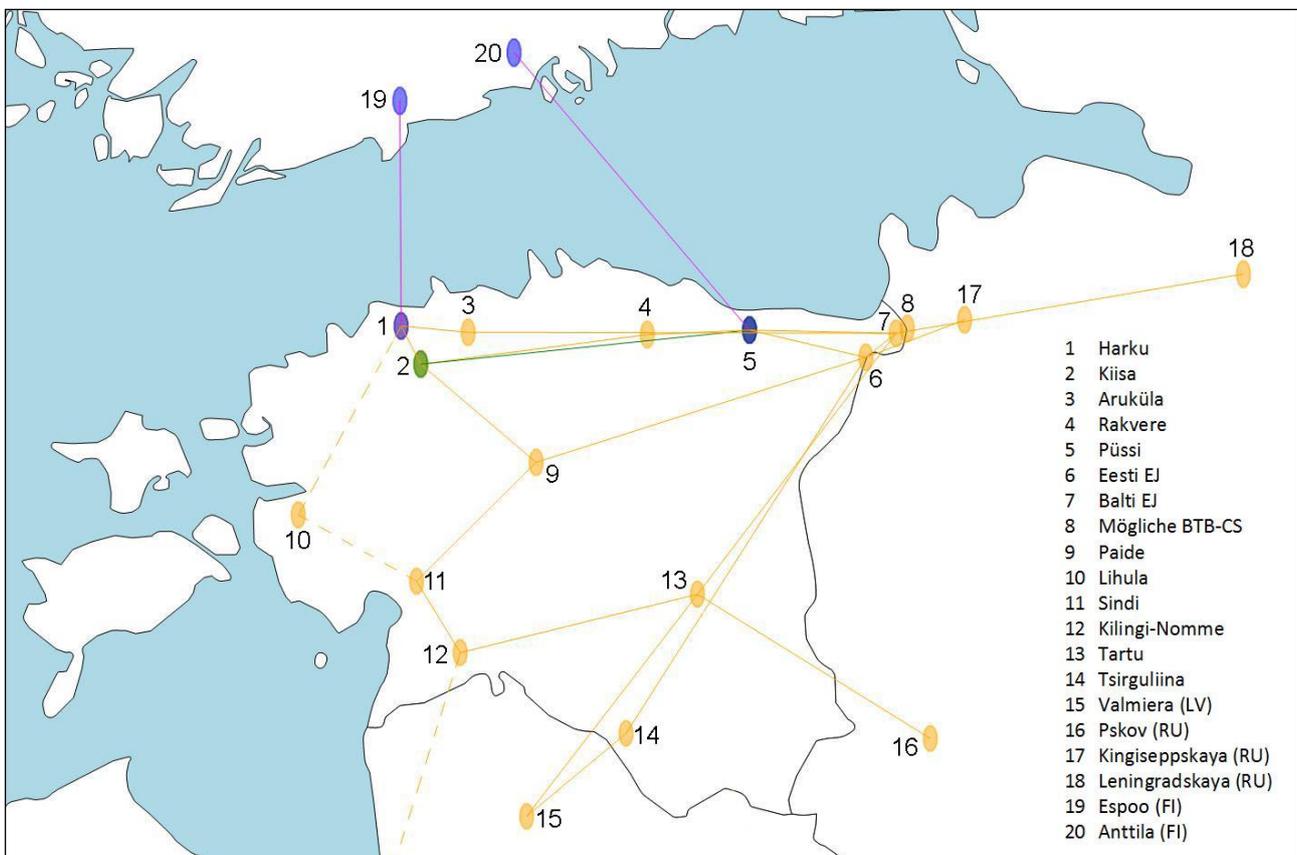


Abbildung 15: Übertagungsnetz in Estland (Quelle: Feichtinger, Nischler, Bachhiesl, Stigler, 2015)

Die Höchstspannungsebene des ÜN in Estland wird mit 330 kV betrieben. Ausnahme bildet die in grün dargestellte Verbindungsleitung zwischen Kiisa und Püssi, welche mit 220 kV betrieben wird. Drei Leitungen verbinden Estland mit Russland:

- Eesti EJ (6) ---- Kingiseppskaya (17)
- Balti EJ (7) ---- Leningradskaya (18)
- Tartu (13) ---- Pskov (16)

Die Verbindungen zum angrenzenden Nachbarstaat Lettland sind durch die 330 kV Leitungen von Tartu (13) und Tsirguliina (14) zu dem Umspannwerk Valmiera (15) realisiert. Die wichtigsten

Verbindungen die in den letzten Jahren realisiert wurden, sind in violett dargestellt und gewährleisten einen Energieaustausch mit Finnland.

Die beiden Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragungen (HGÜ) Estlink 1 und 2 besitzen eine Übertragungskapazität von 1000 MW. EstLink 1 ist ein 350 MW DC-Kabel zwischen Harku (1) und Espoo (19) und ist seit 2006 in Betrieb. Die Gesamtlänge der Leitung beträgt 105 Kilometer, von denen 74 km im Meer und 31 km unterirdisch verlegt sind. EstLink 2 ist die zweite HGÜ-Verbindung zwischen Estland und Finnland, welche 2014 in Betrieb ging. Mit einer Länge von rund 170 km (von Püssi (5) nach Anttila (20)) und einer Übertragungskapazität von 650 MW trägt man wesentlich zur Versorgungssicherheit in Estland und im Baltikum bei. (Elering, o. J.)

Folgende Projekte gelten als “Projects of common interest“ (PCI) und sind in den nächsten Jahren für den Ausbau der Infrastruktur geplant:

1. “Estonia - Latvia third connection“ welche folgende Projekte beinhaltet:
  - Verbindung zwischen Kilingi-Nõmme (12) und dem Umspannwerk der KWK-Anlage Riga-Tec 2 in Lettland.
  - Nationale Verbindung zwischen Harku (1) und Sindi (11).
2. Synchronisation mit dem Elektrizitätssystem der EU.

Die maximalen Net Transfer Capacities (NTC) von Estland sind in Tabelle 8 gegeben.

Von-Nach	NTC [MW]
EE → FI	1016
FI → EE	1000
EE → RU	0
RU → EE	0
EE → LV	1000
LV → EE	879

Tabelle 8: Maximale NTC-Werte für Estland (Quelle: ENTSO-E, 2016, eigene Darstellung)

Der maximale NTC-Wert von Finnland ins Baltikum beträgt beispielweise 1.000 MW.

## 2.4 Die Verbraucherseite

In diesem Kapitel wird die Verbrauchsaufteilung auf die jeweiligen Netzknoten analysiert.

### 2.4.1 Überblick

In Tabelle 9 ist die Strombilanz Estlands von 2010-2015 dargestellt.

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
<b>Bruttostromerzeugung [GWh]</b>	12.964	12.893	11.966	13.275	12.444	10.417
<b>(-) Eigenverbrauch der Kraftwerke [GWh]</b>	1.232	1.537	1.440	1.452	1.431	1.355
<b>(+) Importe [GWh]</b>	1.100	1.690	2.710	2.712	3.730	5.452
<b>(-) Exporte [GWh]</b>	4.354	5.252	4.950	6.300	6.484	6.377
<b>(-) Verluste im Netz [GWh]</b>	1.047	949	879	903	842	697
<b>(-) Stromverbrauch [GWh]</b>	7.431	6.845	7.407	7.332	7.417	7.440
...Industrie	2.556	2.501	2.520	2.593	2.548	2.560
...Bauwesen	62	71	82	84	78	81
...Landwirtschaft	189	191	220	206	205	206
...Transport	57	52	56	54	50	47
...Privathaushalte	2.023	1.934	1.956	1.865	1.739	1.728
...sonstige Sektoren	2.543	2.097	2.573	2.530	2.797	2.818

Tabelle 9: Strombilanz 2010-2015 in Estland (Quelle: ES, 2015c, eigene Darstellung)

Der Stromendverbrauch in Estland belief sich im Jahr 2015 auf 7.444 GWh und ist tendenziell in den letzten Jahren minimal angestiegen. Die Verbrauchschwerpunkte verlagern sich größtenteils auf die Industrie, die Privathaushalte, sowie sonstige Sektoren. Die Bereiche des Transports, die Landwirtschaft, sowie das Bauwesen, nehmen einen kleinen Anteil am Gesamtenergieverbrauch. Abbildung 16 zeigt die Aufteilung des Verbrauchs aus dem Jahr 2015 auf die einzelnen Bereiche.

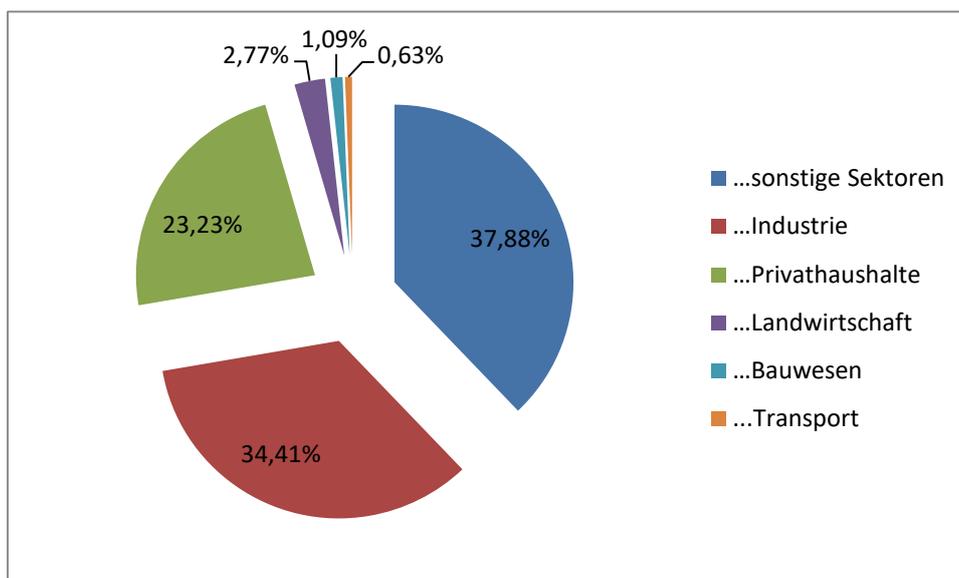


Abbildung 16: Stromverbrauch der unterschiedlichen Sektoren in Estland 2015 (Quelle: ES, 2015c, eigene Darstellung)

Mehr als die Hälfte des benötigten Stroms wird von den Branchen der Industrie sowie der Privaten Haushalte benötigt, rund 38 % ist durch sonstige Sektoren bestimmt. Der restliche Stromkonsum wird in der Landwirtschaft, dem Bauwesen und dem Transport benötigt.

## 2.4.2 Bevölkerungsverteilung

Die Informationen zu diesem Kapitel stammen sinngemäß aus Statistics Estonia; NUTS regions. (ES, 2015a).

Die NUTS-Klassifikation (Systematik der Gebietseinheiten für die Statistik) ist ein hierarchisches System zur Untergliederung des EU-Wirtschaftsraums zum Zweck der Erfassung und Harmonisierung regionalstatistischer Daten der EU. Demzufolge wird das Wirtschaftsgebiet der EU in drei Ebenen unterteilt:

- NUTS 1: Sozioökonomische Großregionen.
- NUTS 2: Basisregionen für regionalpolitische Maßnahmen.
- NUTS 3: Kleine Regionen für spezifische Diagnosen.

In Abbildung 17 sind die unterschiedlichen Gebiete Estlands samt ihrer Zuordnung zur NUTS 3 Ebene dargestellt.

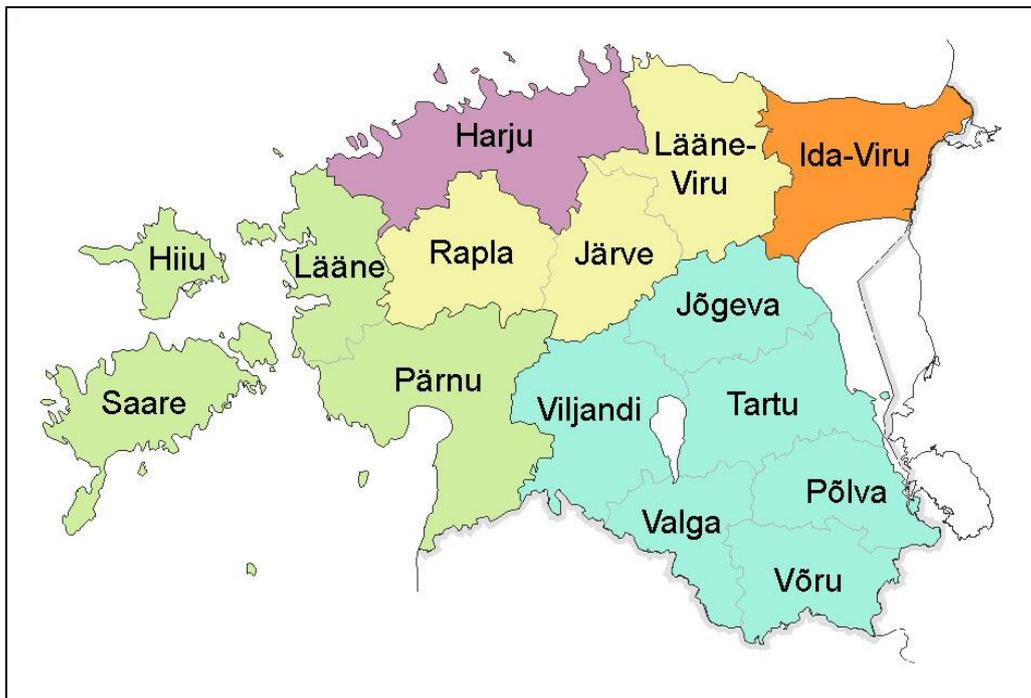


Abbildung 17: NUTS 3 Ebenen in Estland (Quelle: ES, 2015a; eigene Darstellung)

Die Gebiete Estlands sind folgendermaßen zur NUTS 3 Ebene zugeordnet:

- EE001 Nord Estland (Harju)
- EE004 West Estland (Hiiu, Lääne, Pärnu und Saare)
- EE006 Zentral Estland (Järve, Lääne-Viru und Rapla)

- EE007 Nordost Estland (Ida-Viru)
- EE008 Süd Estland (Jogeva, Polva, Tartu, Valga, Viljandi und Voru)

Die flächenmäßig größten Regionen sind jene von Pärnu mit 4.807 km<sup>2</sup> und Harju mit 4.333 km<sup>2</sup>. Die kleinste NUTS 3 Ebene spiegelt die Inselregion Hiiu wieder.

Tabelle 10 zeigt die Bevölkerung, die Flächengröße, sowie den Energieverbrauch der einzelnen statistischen Regionen.

NUTS Code	Region	Fläche [km <sup>2</sup> ]	Einwohner	Energieverbrauch [GWh]	Bevölkerungsdichte [Einw./km <sup>2</sup> ]
EE001	Harju	4.333	351.024	3.684	81
EE004	Hiiu	989	8.437	34	9
EE004	Lääne	2.383	24.070	78	10
EE004	Pärnu	4.807	82.349	343	17
EE004	Saare	2.673	31.706	158	12
EE006	Järve	2.623	246.836	125	94
EE006	Lääne-Viru	3.627	59.039	592	16
EE006	Rapla	2.980	34.436	125	12
EE007	Ida-Viru	3.364	147.597	2.260	44
EE008	Jõgeva	2.604	30.841	118	12
EE008	Põlva	2.165	27.438	80	13
EE008	Tartu	2.993	151.377	746	51
EE008	Valga	2.044	29.944	109	15
EE008	Viljandi	3.422	47.010	220	14
EE008	Võru	2.305	33.172	123	14

Tabelle 10: Statistiken zu den NUTS Regionen, eigene Darstellung auf Basis von (ES, 2015b) und (ES,2015c)

Die Region Harju im Norden Estlands weist die meisten Einwohner, sowie den höchsten Energieverbrauch auf. In der Inselregion um Hiiu lebt mit einer Einwohnerzahl von 8.437 nur ein Bruchteil der estnischen Bevölkerung.

### 2.4.3 Verbrauchsschwerpunkte

Für die Verbrauchsverteilung auf die einzelnen Netzknoten wurde zunächst der Stromverbrauch der unterschiedlichen Nuts 3 Ebenen ermittelt, welcher in Tabelle 10 ersichtlich ist. Der jeweilige Energiekonsum der einzelnen Regionen wurde mit Hilfe der Lage der Umspannwerke, sowie der geographischen Beschaffenheit der Standorte auf die unterschiedlichen Netzknoten des Landes verteilt. Beispielsweise der Verbrauch der Region Ida-Viru wurde jeweils im selben Verhältnis auf die Netzknoten von Püssi, Eesti EJ und Balti EJ aufgeteilt. Die Größe der unterschiedlichen Netzknoten steht im Verhältnis zur Gewichtung des Netzknotens, d.h., je größer der Knoten, desto größer ist der Verbrauch des jeweiligen Standortes.

Abbildung 18 spiegelt die Verbrauchsschwerpunkte in Estland, wie sie in der VISU dargestellt werden, wieder.

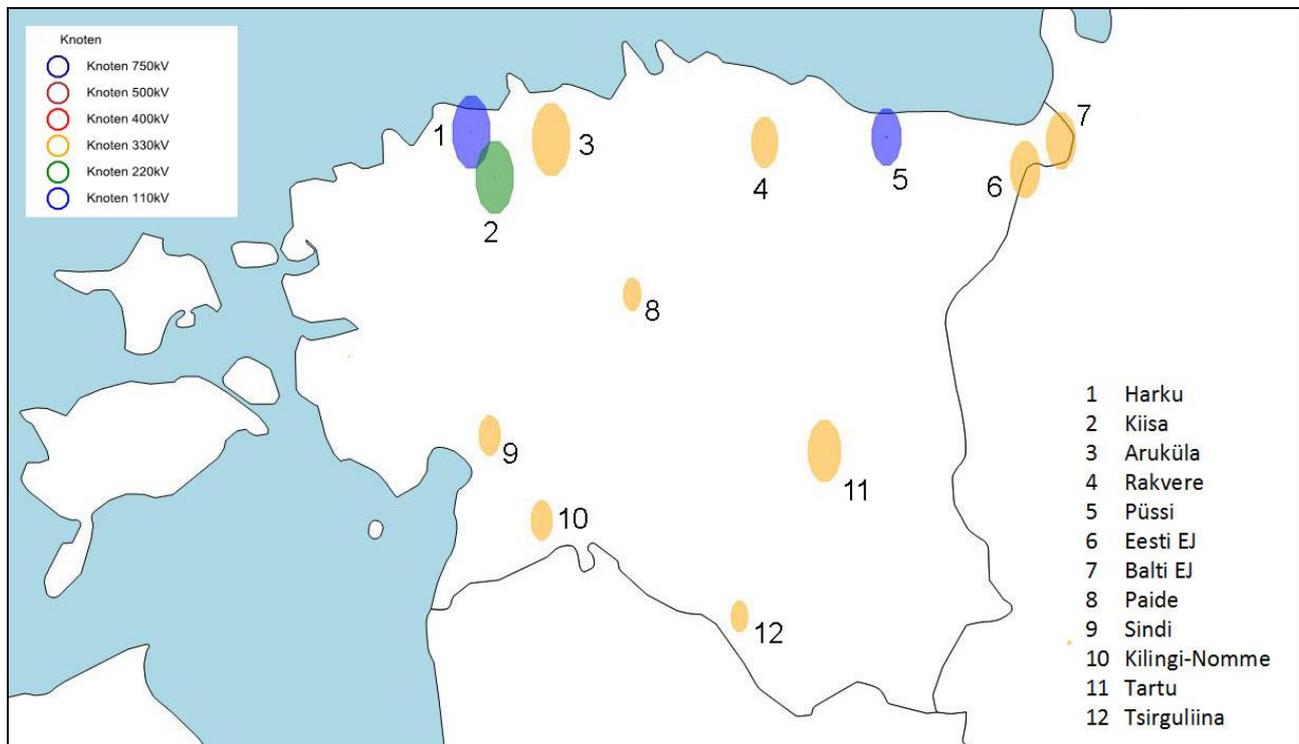


Abbildung 18: Verbrauchsschwerpunkte der unterschiedlichen Netzknoten in Estland (Quelle: Feichtinger, Nischler, Bachhiesl, Stigler, 2015)

Die Verbrauchsschwerpunkte liegen vorwiegend im bevölkerungsdichten nördlichen Teil des Landes und konzentrieren sich größtenteils um die Hauptstadt.

## 2.5 Der Elektrizitätsmarkt

Dieses Kapitel beschreibt den Aufbau, die Funktionsweise und die Ausrichtung des Elektrizitätsmarktes in Estland.

### 2.5.1 Gesetzliche Rahmenbedingungen

Der Energiesektor in Estland ist durch folgende Gesetze festgelegt: (AHK, 2014a, S.11)

- Gesetz zur nachhaltigen Entwicklung
- Strommarktgesetz
- Erdgasgesetz
- Fernwärmegesetz
- Gesetz über Flüssigtreibstoffe
- Gesetz zur Energieeffizienz von Anlagen.

Das Gesetz zur nachhaltigen Entwicklung beinhaltet die Grundlagen zur sparsamen und schonenden Verwendung der Natur und deren Güter fest, mit dem Ziel die Erhaltung der Naturressourcen zu gewährleisten und die Lebensqualität der Bevölkerung zu sichern. Das Strommarktgesetz reguliert die Bereiche von Produktion, die Übertragung und Verteilung, den Vertrieb, den Export und Import von Strom und die wirtschaftliche und technische Führung des estnischen Stromsystems. Das Gesetz sieht die Sicherstellung der Energieversorgung zu fairen Preisen, die Einhaltung der Umweltbedingungen und eine ausgeglichene und nachhaltige Nutzung verschiedener Energiequellen vor. Ebenso werden durch das Strommarktgesetz die Förderungen für die Produktion von Strom aus erneuerbaren Energiequellen festgelegt. (AHK, 2014a, S.12)

### 2.5.2 Marktakteure

Durch das estnische Strommarktgesetz mit 1.1.2013 wurde der estnische Strommarkt liberalisiert. Zuvor befand sich Estland in einer Übergangsperiode, in welcher der Strommarkt nur bedingt geöffnet war. Seit April 2010 ist Estland Mitglied der nordischen Strombörse "Nord Pool Spot", welche mit 338 Mitgliedern eine der größten Börsen für elektrische Energie ist. Nord Pool Spot betreibt Stromhandel in Finnland, Schweden, Norwegen, Dänemark und Estland. Der größte **Stromproduzent** auf dem estnischen Markt ist das estnische Energieunternehmen "Eesti Energia AS". In seinem Besitz befinden sich rund 90% der installierten Nettokapazität. Weitere Anbieter sind Imatra Elekter, Elektrum Eesti, VKG Elektrivõrgud, 220 Energia, Eesti Gaas AS, Iektrimüügi AS, Baltic Energy Services, Nordic Power Management und AS Sillamäe SEJ. Der **ÜNB** in Estland ist das Unternehmen "Elering AS", welches sich seit 2010 zur Gänze im Besitz des estnischen Staates befindet. Zuvor war das Unternehmen Teil des Energiekonzern "Eesti Energia AS". Der **Netzzugang** wird durch das Kartellamt "Estonian Competition Authority" ECA reguliert. (AHK, 2014)

Der Strommarkt in Estland ist gekennzeichnet durch eine hohe Konzentration von insgesamt 40 **Verteilernetzbetrieben (VNB)**. Der größte VNB ist "Eesti Energia Jaotusvõrk OÜ", dessen Marktanteil ca. 85 % beträgt. Weitere größere VNB sind "VKG Elektrivõrgud OÜ" mit einem Marktanteil von ca. 4%, sowie "VKG Elektrivõrgud OÜ" mit einem Marktanteil von rund 3%. (AHK, 2011, S.18)

Weiter relevante Ministerien und Agenturen im Energiesektor sind:

- Das **Ministerium für Wirtschaft und Kommunikation (MEAC)** trägt die Gesamtverantwortung für die Energiepolitik und ist somit für die Koordination bei der Umsetzung des nationalen Entwicklungsplan für den Energie- und den Elektrizitätssektor verantwortlich. Weitere Verantwortungsbereiche sind der Aktionsplan für erneuerbare Energien und das Energiesparprogramm für die Republik Estland. (IEA, 2013, S.19)
- Das **Umweltministerium** ist verantwortlich für die Umsetzung und Koordination des Nationalen Abfallwirtschaftsplan, für die Wassermanagementpläne, den nationalen Entwicklungsplan für die Nutzung von Ölschiefer und die Verwendung von mineralischen Baustoffen, sowie dem Naturschutz. (IEA, 2013, S.19)

- Die **Internationalen Energieagentur (IEA)** in der Estland seit Anfang 2014 Mitglied ist. Die IEA hat 29 Mitglieder und wurde 1974 als Reaktion der Industrieländer auf die erste Energie- bzw. Ölkrise gegründet. Sie eine selbständige Organisation innerhalb der OECD (Organisation for Economic Cooperation and Development) und hat sich zum Ziel gesetzt, die Regierungen ihrer Mitgliedsländer in Energiefragen zu beraten und zu einer sicheren, nachhaltigen, umwelt- und klimaverträglichen sowie wirtschaftlichen Energieversorgung beizutragen. Zu den wichtigsten gemeinsamen Zielen der IEA gehören die Versorgungssicherheit der Mitgliedsländer, Klimaschutz und Wirtschaftlichkeit, eine Öl-Bevorratung, sowie Technologieinitiativen. (IEA, o. J.)

### 2.5.3 Funktionsweise Strommarkt

Die nachfolgende Abbildung 19 gibt einen Überblick über die grundlegende Funktionsweise des Strommarkts in Estland.

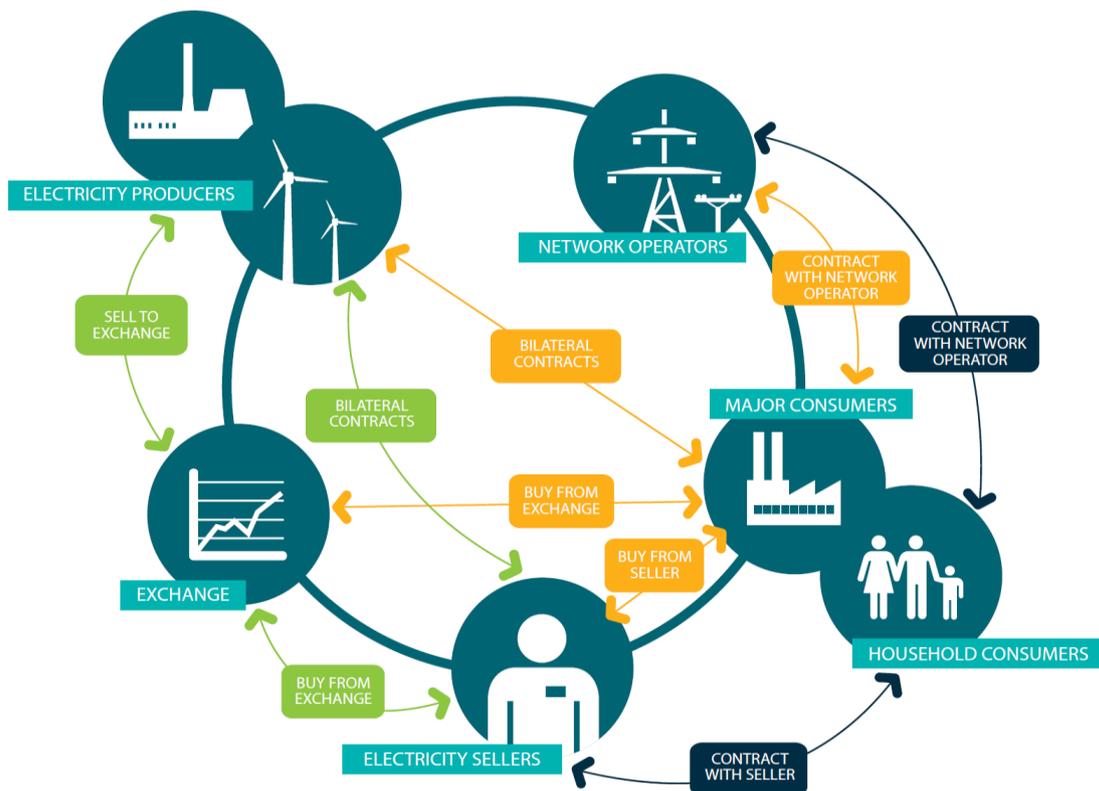


Abbildung 19: Übersicht über die Funktionsweise des Strommarktes in Estland (Quelle: Elering, 2012, S.8)

Grundsätzlich wirken die folgenden Teilnehmer am estnischen Strommarkt mit: (EE, o.J.)

- Verbraucher, welche zwischen Stromanbieter und Preisangeboten wählen können.
- Produzenten, welche ihre Erzeugnisse auf dem Großhandelsmarkt zu transparenten Preisen verkaufen.
- Stromhändler, die den Strom mittels unterschiedlicher Verträge an die Kunden verkaufen.

- Netzbetreiber, die für die physikalische Zustellung der Energie verantwortlich sind und im Notfall Ausgleichsenergie zur Verfügung stellen.
- Großhandelsmarktplatz in Form der Strombörse Nord Pool Spot

Die Funktionsweise des Strommarkts in Estland basiert im Wesentlichen auf folgenden Abläufen: (EE, o.J.)

- Die verschiedenen Stromproduzenten verkaufen ihre Erzeugnisse an den Großhandelsmarkt, wo die Großhandelskäufer, die für gewöhnlich Elektrizitätshändler sind, den Strom kaufen. Grundsätzlich wird Strom in verschiedenen Marktsegmenten gehandelt, die sich insbesondere durch verschiedene Lieferfristen unterscheiden: Dem Terminmarkt und dem Spotmarkt. Auf dem Terminmarkt werden mittel- oder langfristige Verträge mit Vorlaufzeiten von Wochen, Monaten oder Jahren gehandelt. Im Unterschied dazu werden auf dem Spotmarkt kurzfristig lieferbare Strommengen gehandelt und zwar einen Tag vor der physischen Lieferung des Stroms vom Produzenten oder Händler zum Abnehmer im Day-Ahead-Handel oder am selben Tag im Intraday-Handel mit Lieferfristen bis zu 45 Minuten vor der Lieferung verkauft. Estland gehört zum integrierten Stromgroßhandelsmarkt der nordischen Länder Nord Pool, zu welchem Strom von den größten Wasserkraftwerken und Windenergieproduzenten der Ostseeregion sowie von den estnischen Ölschieferkraftwerken verkauft wird.
- Der Preis hängt einerseits von den Produktionskosten der Kraftwerke (Merit Order) und andererseits vom Verbrauch ab. Die Händler berechnen den stündlichen Verbrauch der Konsumenten des folgenden Tages und den maximalen Preis, den diese bereit wären zu bezahlen. Somit erfolgt die Preisbildung am Markt anhand von Angebot und Nachfrage.
- Der Verkaufspreis der Elektrizität wird durch den Wettbewerb festgelegt.
- Der Verbraucher ist in der Lage seinen Stromanbieter frei zu wählen.

#### **2.5.4 Strompreis**

Bis zum Jahr 2013, in dem der estnische Strommarkt vollständig liberalisiert wurde, wurden die Strompreise von den Stromerzeugern für die Endkunden auf der Grundlage des gewichteten Durchschnittspreises festgelegt. Dieser Durchschnittspreis eines Stromerzeugers durfte die vom estnischen Kartellamt genehmigten Grenzwerte der gewichteten Durchschnittspreise für Stromerzeuger, welche ohne Zulagen im Bereich von 2,82 und 4,04 Euro-Cent/kWh lagen, nicht überschreiten. Seit Jänner 2013 gelten die Marktpreise, welche an der Strombörse Nordpool Spot gehandelt werden. Zurzeit stellen 15 Stromanbieter ihre verschiedenen Preispakete mit den unterschiedlichsten Tarifen den Endverbrauchern zur Verfügung, weshalb der Endpreis von mehreren Faktoren wie der Verbrauchsmenge, dem Tarif und der Vertragslaufzeit abhängt. (AHK, 2014a, S.18)

In Abbildung 20 ist die Zusammensetzung des Strompreises für den Endkunden dargestellt.

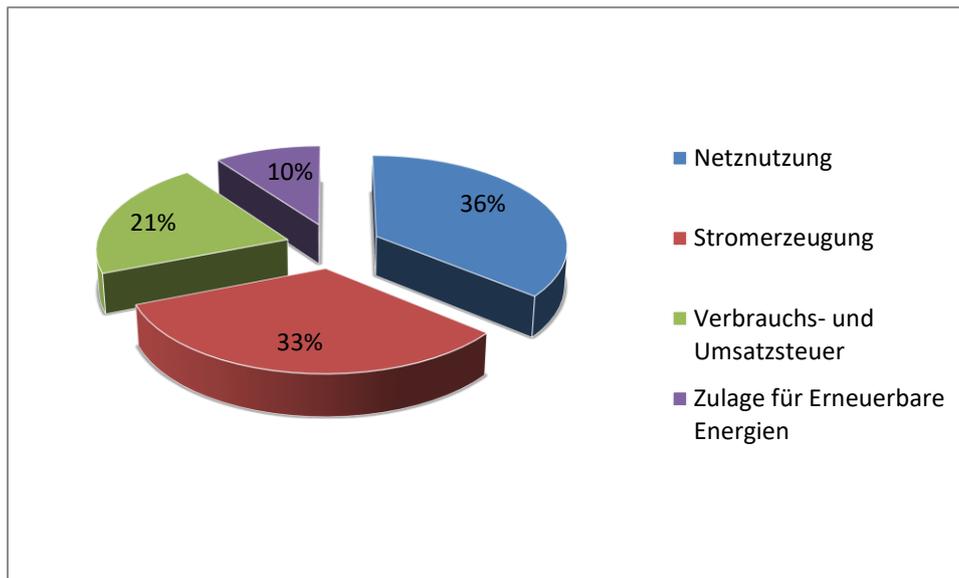


Abbildung 20: Zusammensetzung des Strompreises für den Endkunden in Estland , eigene Darstellung auf Basis von (Quelle: Elering, 2012, S.4)

Der Endbetrag setzt sich aus dem Preis für Stromerzeugung, der Durchleitungsgebühr für die Nutzung des Übertragungs- bzw. Verteilernetzes, der Abgabe für erneuerbare Energien und den Steuern zusammen. Die Kosten für die Elektrizität selbst betragen also nur rund 1/3 des Gesamtpreises.

Laut des Statistischen Amtes in Lettland betrug der Strompreis für Haushaltskunden, mit einem Jahresverbrauch < 1.000 kWh, im Jahr 2015 rund 11 Euro-Cent/kWh.

## 3 Lettland

In diesem Kapitel erfolgt die Energiemarktanalyse für das lettische Staatsgebiet.

### 3.1 Grundlagen

Dieses Kapitel gibt einen grundlegenden Überblick über die wichtigsten Bereiche der Republik Lettland.

#### 3.1.1 Allgemein

Die Informationen zu diesem Kapitel stammen im Wesentlichen aus der Investment and Development Agency of Latvia. (LIAA, o. J.)

Lettland liegt in Nordeuropa und grenzt im Norden an Estland, im Süden an Litauen und im Osten an Russland und Weißrussland (vgl. Abbildung 21).



Abbildung 21: Geographische Lage Lettlands (Quelle: d-maps, 2015; eigene Darstellung)

Die offizielle Landessprache ist Lettisch, aber auch Russisch, Englisch und Deutsch wird in einigen Landkreisen gesprochen. In einem Gebiet von 64,573 km<sup>2</sup> leben rund 2 Mio. Einwohner. Die Hauptstadt ist Riga, in der rund ein Drittel der Gesamtbevölkerung lebt.

Die Bevölkerungsschicht setzt sich aus folgenden Anteilen zusammen:

- 61,4% Letten

- 26% Russen

- 3,4 % Weißrussen

- 3,3% Ukrainer

- 2,2% Polen

- 1,2% Litauer

- 3,5% Andere Nationalitäten

Mit einem Waldanteil von rund 50% des Landesterritoriums gehört Lettland, ähnlich wie sein Nachbarstaat Estland, zu den walddreichsten Staaten Europas, wobei sich die Waldfläche in den letzten 80 Jahren fast verdoppelt hat.

### **3.1.2 Historisches**

Die Informationen dieses Abschnittes stammen im Wesentlichen aus dem Portal “Das Lettland Institut“. (Latvia, o.J.)

Ähnlich wie Estland erklärte Lettland am 18. November 1918 erstmals seine Unabhängigkeit. Im 2. Weltkrieg wurde Lettland im Hitler-Stalin-Pakt der Sowjetunion zugeteilt und von dieser für die darauffolgenden Jahrzehnte annektiert. Erst nach dem Ende der sowjetischen Herrschaft konnte Lettland am 21. August 1991 die Wiederherstellung seiner Unabhängigkeit verkünden. Weitere wichtige Ereignisse der letzten 25 Jahre sind:

- WTO-Mitglied seit 1998.
- Beitritt zur NATO am 29. März 2004.
- Beitritt zur EU am 4. Mai 2004.
- Einführung des Euro am 1. Januar 2014.
- Für 2016 ist eine komplette Mitgliedschaft zur OECD geplant.

### **3.1.3 Politik**

Die Republik Lettland ist seit seiner Unabhängigkeit 1991 eine parlamentarische Demokratie. Die Regierungsaufgaben und die Führung des Kabinetts übernimmt der Ministerpräsident Māris Kučinskis. Dieser wird vom Parlament “Saeima“, welches aus 100 Abgeordneten besteht, die vom Volk für eine Periode von jeweils vier Jahren gewählt werden, gewählt. 24 und somit die meisten Abgeordneten stellt die Partei der Sozialdemokraten. Der Präsident H.E. Mr. Raimonds Vējonis ist das Staatsoberhaupt und wird vom Parlament für 4 Jahre gewählt. Dem Staatspräsidenten obliegen nicht nur repräsentative Aufgaben, sondern er fungiert zudem als Oberbefehlshaber über die Streitkräfte. (Latvia, o.J.)

### **3.1.4 Wirtschaft**

Durch den Beitritt zur EU im Jahre 2004 (Kap. 3.1.2) wurde Lettland ein integrierter Bestandteil des weltweit größten gemeinsamen Binnenmarktes. Die lettische Wirtschaft verzeichnete in den letzten Jahren den stärksten Aufwärtstrend innerhalb der EU. Abbildung 22 veranschaulicht den Verlauf des Wirtschaftswachstums der letzten 10 Jahre.

In den Jahren 2005 bis 2007 erlebte die lettische Wirtschaft aufgrund einer enormen Beschaffung von Außenkapital ein kräftiges Wachstum, wobei die durchschnittliche Wachstumsrate die 10% überstieg. Die Weltwirtschaftskrise in den zwei darauffolgenden Jahren traf die Republik innerhalb der EU mit am stärksten und es trat eine Rezession ein. Die Folgen waren eine Senkung des BIP um ein Viertel, Verdoppelung der Auslandsschulden, sowie eine Verringerung der Beschäftigten und der Löhne. (AHK, 2014b, S.6-7)

Nach der Überwindung der Wirtschaftskrise erholte sich Lettlands Wirtschaft langsam wieder und stieg 2011 um 5 %, in 2012 um 4,8% und in 2013 um 4,2%. Für die Jahre 2014 und 2015 wird mit einem Wachstum von 2,4% bzw. 2,2% ausgegangen.

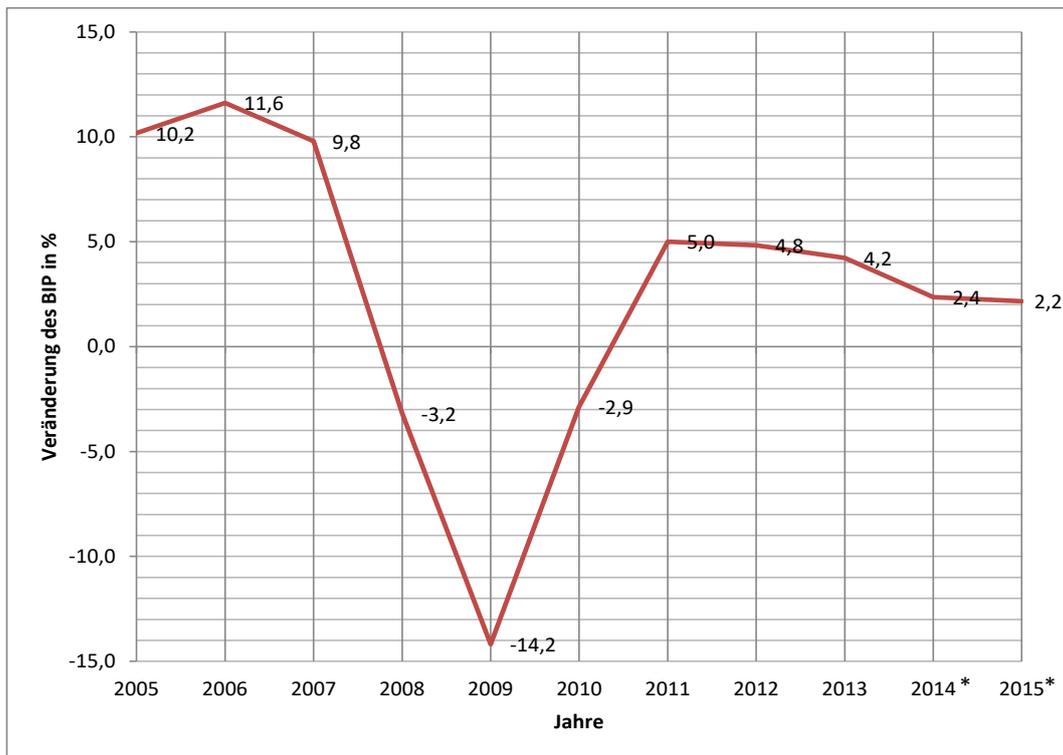


Abbildung 22: Wachstum des BIP von 2005-2015 (Quelle: Statista, 2016a, eigene Darstellung)

Auch der Außenhandel hat sich nach dem Beitritt zur EU stetig gesteigert. Nach den vorläufigen Daten des Statistischen Amtes in Lettland stieg die Anzahl der gesamten Exporte im Jahr 2014 um 2,3%. Rund 72% davon wurden in EU-Länder exportiert. Die Importe hingegen verringerten sich um 0,2% gegenüber dem Vorjahr. Die wichtigsten Handelspartner Lettlands waren 2014 Litauen mit 18% des gesamten Außenhandelsumsatzes, gefolgt von Estland mit 10%. Russland, Polen und Deutschland folgen mit jeweils 9%. (LIAA, 2014)

Abbildung 23 gibt einen Überblick über die wichtigsten Exportwaren Lettlands.

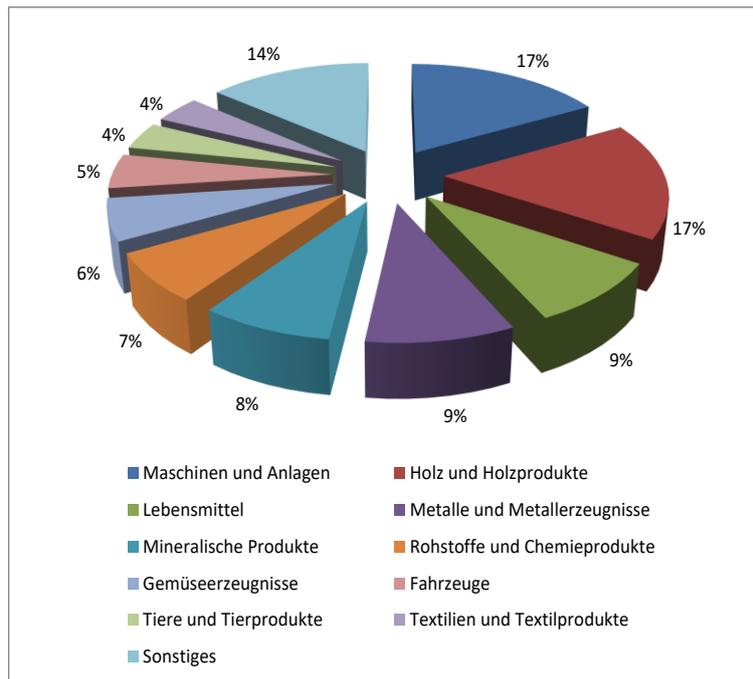


Abbildung 23: Lettische Exporte 2014 (Quelle: LIAA, 2014, eigene Darstellung)

Die wichtigsten Exportwaren sind Maschinen und Anlagen sowie Holz und Holzprodukte mit jeweils 17% der gesamten Exporte. Abbildung 24 gibt einen Überblick über die wichtigsten Importwaren Lettlands.

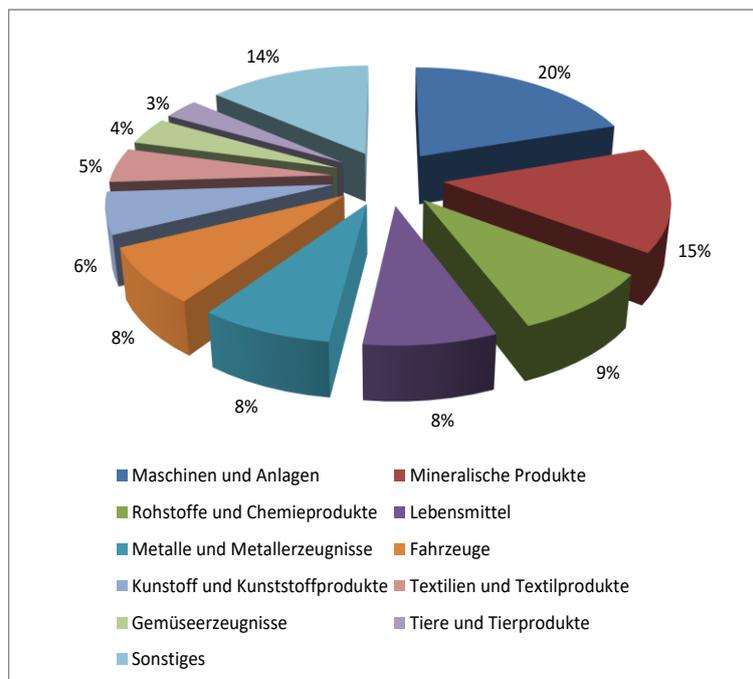


Abbildung 24: Lettische Importe 2014 (Quelle: LIAA, 2014, eigene Darstellung)

Ein Fünftel der importierten Waren fällt auf den Bereich der Maschinen und Anlagen.

Weitere wichtige Waren sind die Bereiche der Metallerzeugnisse, Lebensmittel und Mineralische Produkte. Bei den Importen zeigt sich ein ähnliches Ergebnis. Hauptimportgüter sind Maschinen und Anlagen mit 20%, sowie Mineralische Produkte mit 15%. Die weiteren Bereiche sind Lebensmittel, Metallerzeugnisse, sowie Rohstoffe und Chemieprodukte.

### 3.1.5 Energiestrategie

Die Energiepolitik Lettlands stützt sich auf zwei wesentliche Säulen. Diese wären die Stärkung der Energieversorgungssicherheit, sowie die Förderung der Nachhaltigkeit im Energiebereich. Die verschiedenen Aufgaben sind in Abbildung 25 veranschaulicht.

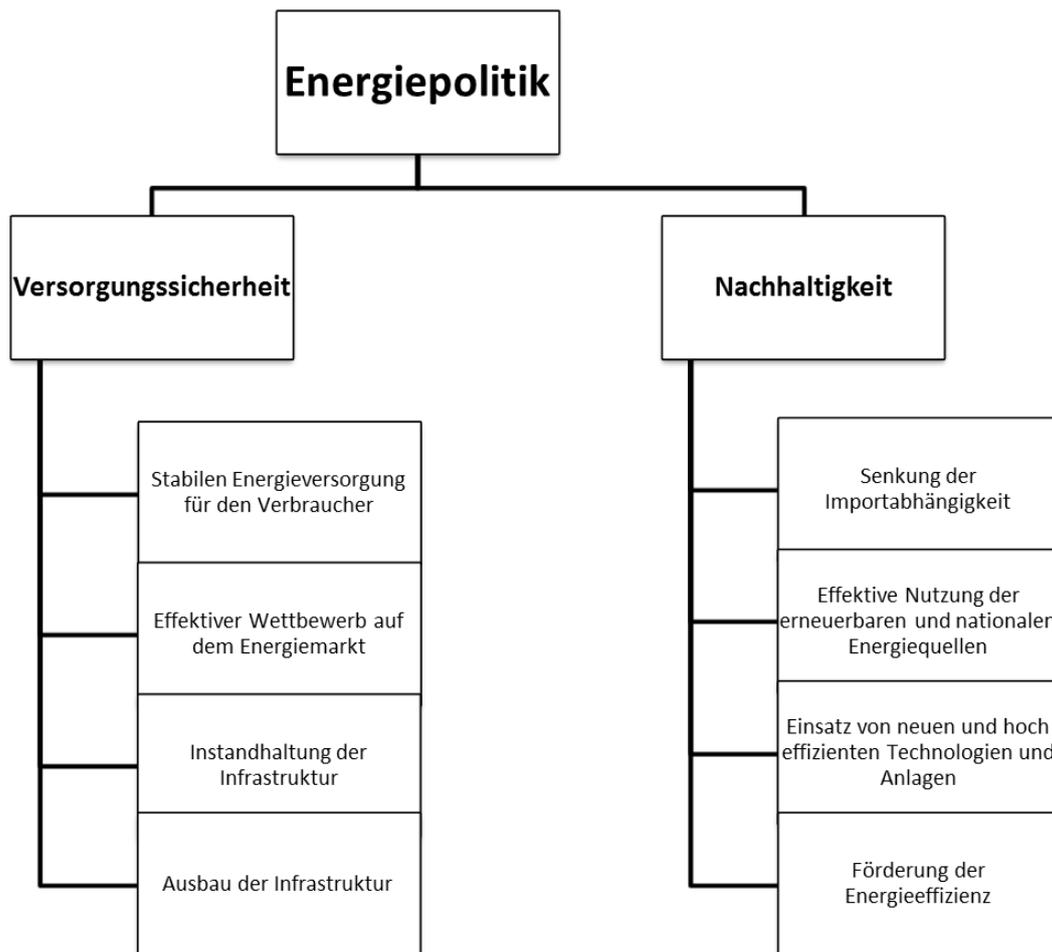


Abbildung 25: Energiestrategie Lettlands (Quelle: AHK, 2014b, S.17, eigene Darstellung)

Um diese energiepolitischen Ziele zu erreichen, verfolgt Lettland weitere strategische Ziele für die Entwicklung des Energiesektors. Einige Ziele sind im Folgenden angeführt: (AHK, 2014b, S.17-18)

- Ein Anteil von 20% der verarbeitenden Industrie an der gesamtwirtschaftlichen Wertschöpfung bis zum Jahr 2020.
- Ein Anteil von 40% erneuerbarer Energien am gesamten Energieverbrauch bis 2020.
- Einsparung von 0,670 Mtoe (28 PJ) Primärenergie bis zum Jahr 2020.

- Reduktion der Treibhausgasemissionen bis zum Jahr 2020.
- Reduzierung des Wärmebedarfs im Gebäudebereich bis zum Jahr 2030.
- Einführung der stufenweisen Energieversorgungsdiversifizierung.
- Entwicklung des Strom- und Erdgasmarktes.
- Vergrößerung der Kapazitäten von internationalen Stromverbundnetzen.

## 3.2 Analyse des Aufbringungssektors

Dieses Kapitel gibt einen grundlegenden Überblick über die Stromerzeugungsanlagen in Lettland.

### 3.2.1 Allgemeines

Grundsätzlich wird in Lettland im Verhältnis mehr Strom verbraucht, als von den Produktionsanlagen zur Verfügung gestellt wird. Abbildung 26 zeigt die Gegenüberstellung von Erzeugung und Verbrauch von 2009-2014. Im Jahre 2014 wurden in Lettland rund 5.141 Millionen kWh erzeugt, was vergleichsweise mit dem Jahr zuvor einem Rückgang von 17% entspricht.

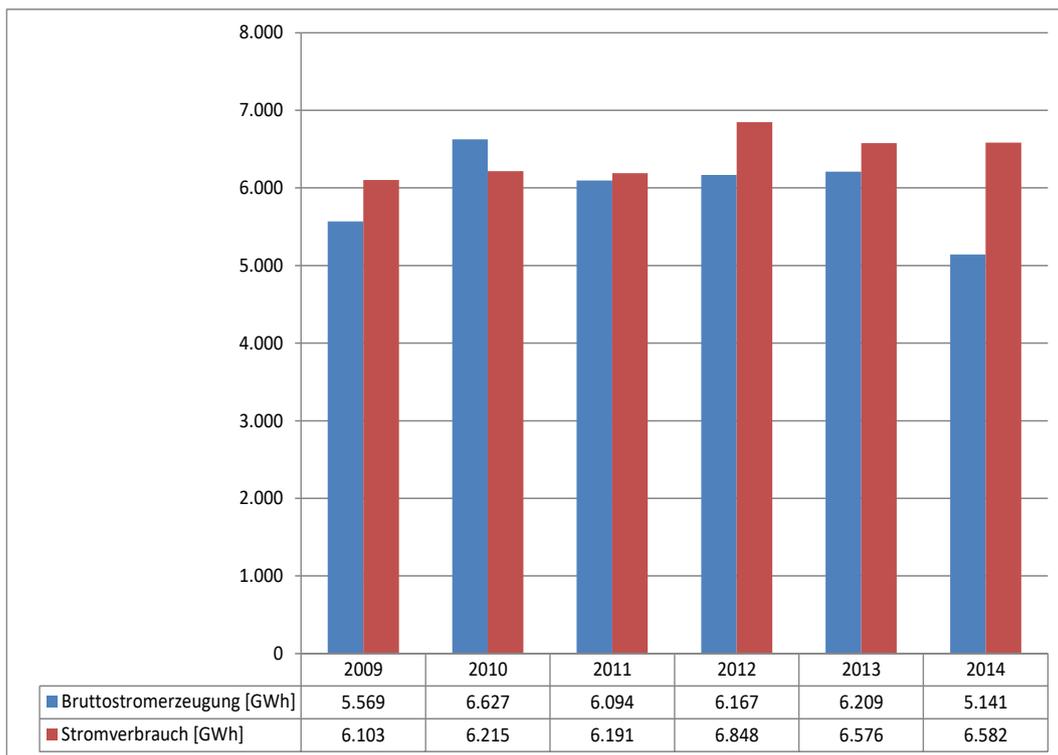


Abbildung 26: Gegenüberstellung von Bruttostromerzeugung und Stromverbrauch in Estland von 2010-2015 (Quelle: IEA, o. J., eigene Darstellung)

Vergleicht man die Bruttostromerzeugung mit jener des nördlichsten Baltikum Staats, entspricht diese nicht mal der Hälfte, weshalb man in Litauen auch von den Importen aus den Nachbarstaaten abhängig ist. Der Strombedarf pendelt sich hingegen nach dem Wirtschaftsaufschwung der letzten Jahre im Bereich von rund 6,8 TWh ein.

Die Anteile der unterschiedlichen Energiequellen an der Stromproduktion aus dem Jahr 2014 sind in Abbildung 27 veranschaulicht.

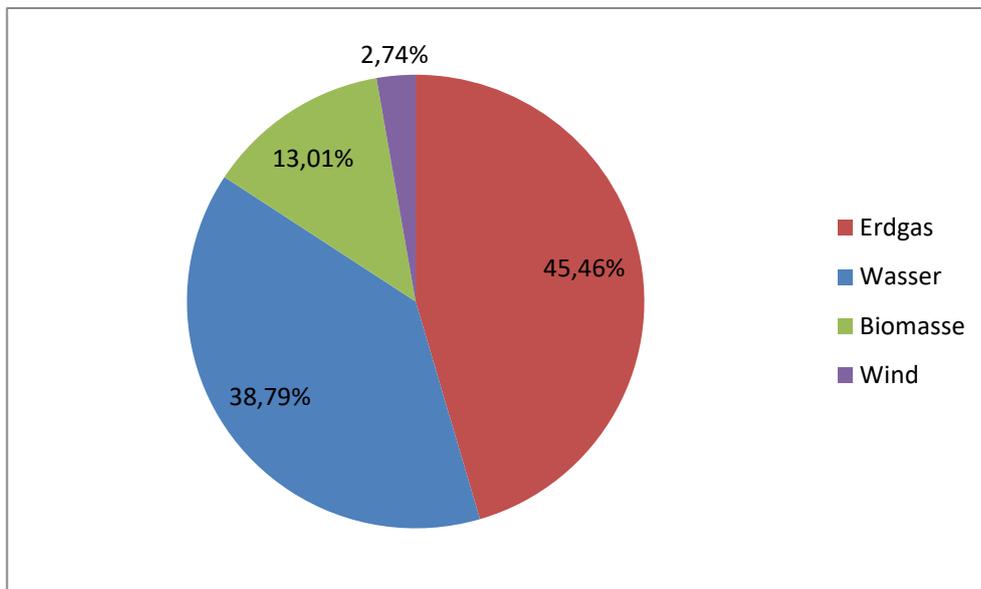


Abbildung 27: Anteil der unterschiedlichen Energieträger an der Stromproduktion 2014 (Quelle: IEA, o.J., eigene Darstellung)

Rund 65% der Stromproduktion basiert auf erneuerbaren Energieträgern, der Rest wird mit Hilfe von erdgasbefeuerten Kraftwerken zur Verfügung gestellt.

### 3.2.2 Gaskraftwerke

Alle bekannten, erdgasbefeuerten Kraftwerke in Lettland, sind in Abbildung 28 dargestellt.

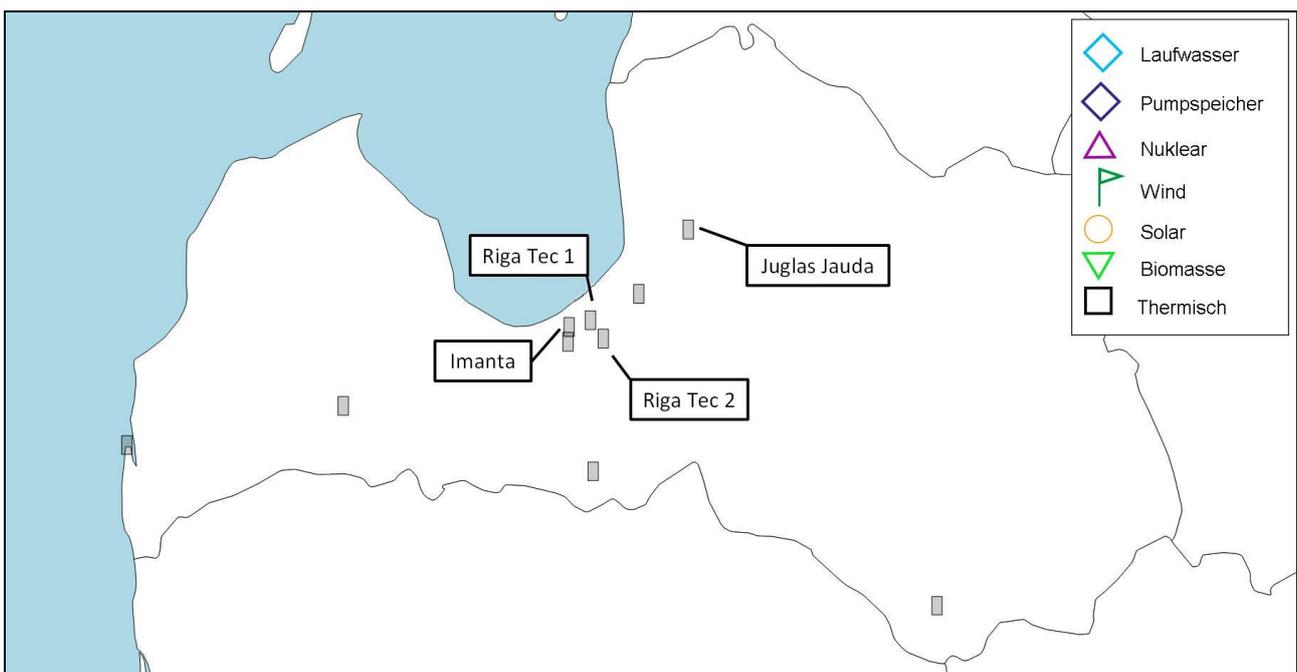


Abbildung 28: Erdgasbefeuerten KWK-Anlagen in Lettland (Quelle: Feichtinger, Nischler, Bachhiesl, Stigler, 2015)

Alle Kraftwerke sind als KWK-Anlagen ausgeführt und tragen somit neben der Stromproduktion auch zur Versorgung Lettlands mit Wärme bei. Die Kraftwerke mit der größten installierten elektrischen Leistung sind jene Anlagen die sich um die Hauptstadt befinden. Das Kraftwerk Riga Tec-1 wurde von 1954 bis 1958 erbaut und 2005 komplett rekonstruiert. Die Anlage verfügt über zwei Gasturbinen, eine Dampfturbine und drei Warmwasserkessel. Die KWK- Anlage verfügt über eine installierte elektrische Leistung von 144 MW und eine Wärmekapazität von 493 MW. Im Jahr 2015 wurden demnach 464 GWh Strom und 978 GWh Wärme generiert. (Latvenergo, o.J.)

In Tabelle 11 sind die gesamten Kraftwerke anhand der Installierten Leistung aufgelistet.

<b>Kraftwerk</b>	<b>P<sub>Installiert</sub> [MW]</b>	<b>Typ</b>
Riga Tec 2	832	Thermisch, KWK, Erdgas
Riga Tec 1	144	Thermisch, KWK, Erdgas
Imanta	48	Thermisch, GuD, Erdgas
Juglas Jauda	14,9	Thermisch, KWK, Erdgas
Liepaja	6	Thermisch, KWK, Erdgas
Daugavpils	6	Thermisch, KWK, Erdgas
Bauska	3,9	Thermisch, KWK, Erdgas
Vangazu	2,3	Thermisch, KWK, Erdgas
Marupe	2	Thermisch, KWK, Erdgas
Saldus	1,3	Thermisch, KWK, Erdgas

Tabelle 11: Gaskraftwerke in Lettland anhand ihrer elektrischen Leistung (Quelle: Platts, 2015, eigene Darstellung)

Das zweite Kraftwerk ist die größte KWK-Anlage des Landes. Das Kraftwerk ging im Jahr 1973 erstmals ans Netz und wurde zwischen 2006-2013 erneuert. Im kombinierten Betrieb erreicht die Anlage eine elektrische Leistung von 832 MW und eine thermische Energiekapazität von 544 MW. Im Jahr 2015 wurden im Kraftwerk Riga Tec-2 1.561 GWh Elektrizität und 1.197 GWh Wärme produziert. (Latvenergo, o.J.)

Das Gas-und-Dampf (GuD) - Kraftwerk in Imanta besitzt eine thermische Wärmekapazität von 48 MW, ident mit der elektrischen Leistungsfähigkeit. (RS, 2009)

### 3.2.3 Wasserkraftwerke

Das Energieunternehmen Latvenergo AS betreibt seinerseits auch die 3 größten Wasserkraftwerke des Landes, die sich am Verlauf des Daugava Flusses befinden. Abbildung 29 gibt einen Überblick über die wichtigsten Kraftwerke, die die Energie des Wassers zur Stromerzeugung nutzen.

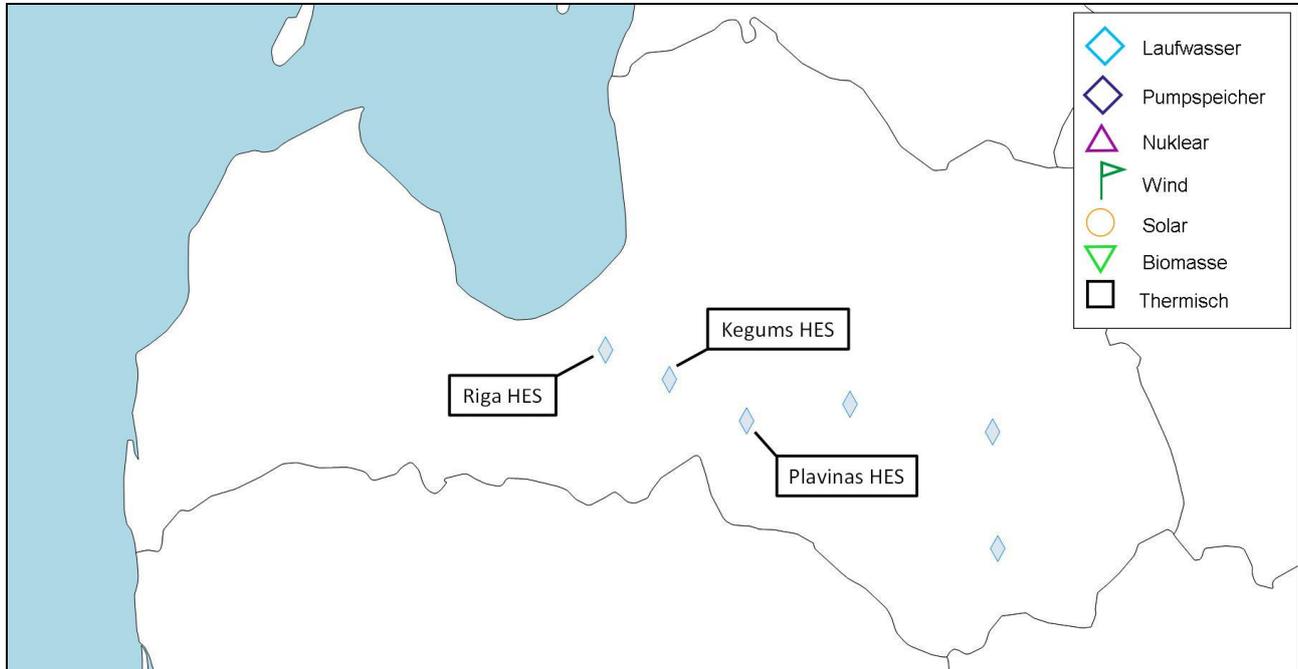


Abbildung 29: Übersicht der wichtigsten Wasserkraftwerke in Lettland (Quelle: Feichtinger, Nischler, Bachhiesl, Stigler, 2015)

Das Wasserkraftwerk Plavinas HES ist es das größte Wasserkraftwerk in den baltischen Staaten und das zweitgrößte in der Europäischen Union und spielt somit eine bedeutende Rolle im lettischen Energiesystem. Mit einer Kapazität von 893,5 MW und einer Jahresproduktion in 2015 von 1022 GWh ist es vom lettischen Strommarkt kaum mehr wegzudenken. (Latvenergo, o.J.)

In Tabelle 12 sind die wichtigsten Wasserkraftwerke des Landes anhand ihrer Kapazität aufgelistet.

Kraftwerk	$P_{\text{Installiert}}$ [MW]	Typ
Plavinas HES	893,5	Wasserkraftwerk
Riga HES	402	Wasserkraftwerk
Kegums HES	264	Wasserkraftwerk
Cirisa	1	Wasserkraftwerk
Aiviekste	0,8	Wasserkraftwerk
Vilani	0,7	Wasserkraftwerk

Tabelle 12: Wichtigste Wasserkraftwerke in Lettland (Quelle: Platts, 2015, eigene Darstellung)

Das jüngste Kraftwerk am Daugava Fluss ist jenes bei Riga, das mit 1975 in Betrieb genommen wurde. Es verfügt über 6 Kraftwerksblöcke mit einer Gesamtkapazität von 402 MW und generierte 2015 mit 433 GWh etwas weniger als die Hälfte des Plavinas HES. Der Beginn der Geschichte des Energieunternehmens Latvenergo kann mit der Inbetriebnahme des Wasserkraftwerks Kegums angesehen werden. Mit einer Jahresproduktion in 2015 von 350 GWh, leistet auch dieses Kraftwerk einen wesentlichen Anteil an der Stromproduktion aus erneuerbaren Energien. (Latvenergo, o.J.)

### 3.2.4 Biomassekraftwerke

Abbildung 30 veranschaulicht die Standorte der verschiedenen Biomassekraftwerke in Lettland.

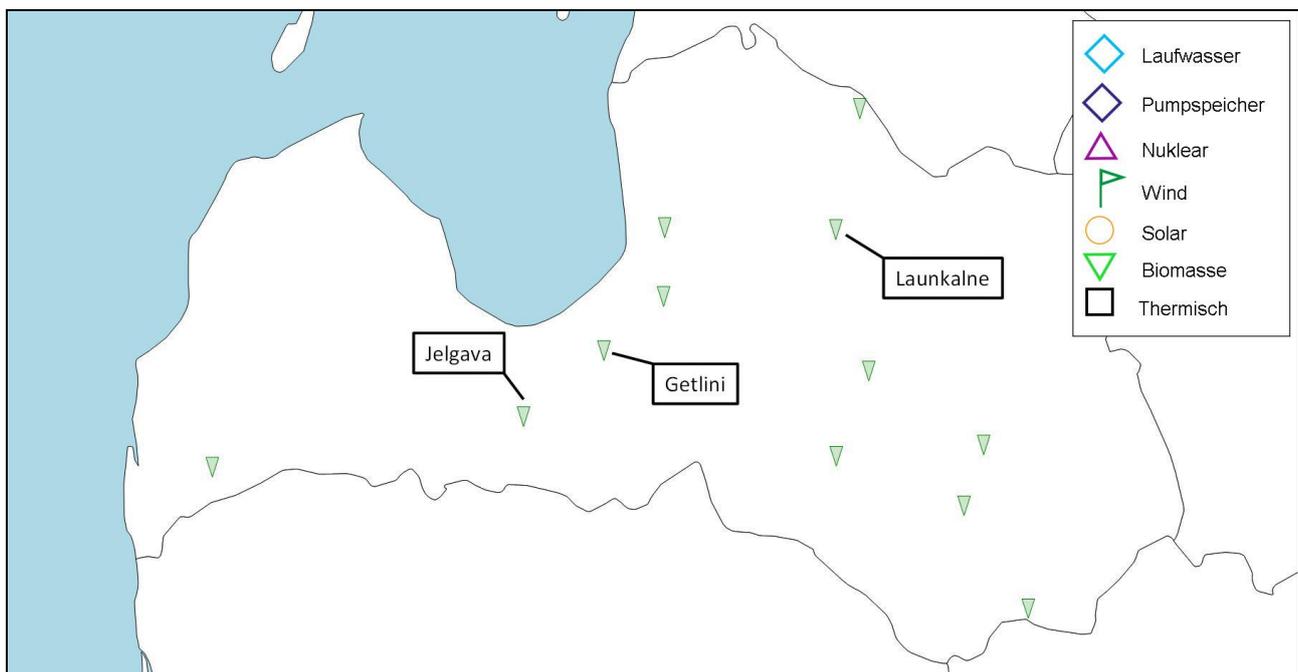


Abbildung 30: Übersicht der Biomassekraftwerke in Lettland (Quelle: Feichtinger, Nischler, Bachhiesl, Stigler, 2015)

Der Waldreichtum in Lettland führt dazu, dass Holz auch als Energiequelle eine wichtige Rolle einnimmt. Biomasse ist demzufolge mit Abstand die wichtigste Energiequelle unter den erneuerbaren Energien. Die lettische Energiepolitik ist auf die Förderung der KWK orientiert, insbesondere auf die Entwicklung neuer KWK-Anlagen, in denen erneuerbare Energiequellen (unter anderem auch Biomasse) eingesetzt werden. Deshalb ist die Anzahl in Betrieb genommener KWKs in Lettland von 2010-2014 auch um das Dreifache angestiegen. (AHK, 2014b, S.43-50)

Tabelle 13 listet die Leistungen der unterschiedlichen Biomasse KWK-Anlagen auf.

<b>Kraftwerk</b>	<b>P<sub>Installiert</sub> [MW]</b>	<b>Typ</b>
Jelgava	23	Biomasse, KWK
Launkalne	6,5	Biomasse, KWK
Getlini Landfill	5,24	Biomasse, KWK
Incukalns	4	Biomasse, KWK
Rezekne	3	Biomasse, KWK
Priekules	2,4	Biomasse, KWK
Valka	2	Biomasse, KWK
Vidrizu	1,96	Biomasse, KWK
Knavas	1,96	Biomasse, KWK
Sauleskalns	1,9	Biomasse, KWK
Jekabpils	1,4	Biomasse, KWK
Preili	1,15	Biomasse, KWK
Kraslavas	1	Biomasse, KWK

Tabelle 13: Wichtigste Biomassekraftwerke in Lettland (Quelle: Platts, 2015, eigene Darstellung)

Die KWK-Anlage des Unternehmens Fortum in Jelgava wird mit Hackschnitzel befeuert und erreicht neben der elektrischen Kapazität von 23 MW, eine Wärmekapazität von 45 MW. Seit der Inbetriebnahme 2013 werden rund 110 GWh Strom und 230 GWh Wärme erzeugt. (Fortum, 2013)

### 3.2.5 Windkraftwerke

Bis zum Jahr 2014 wurden in Lettland lediglich 5 % des gesamten Windkraftpotentials genutzt, da die ungünstige Energiepolitik und die fehlenden Förderungen von möglichen Investitionen abhalten. Abgesehen von der ungünstigen Gesetzeslage, ist das Land bestens für die Windenergie geeignet. Die besten Standorte sind die Küstengebiete rund um die Städte Liepaja, Ventspils, sowie die Stadt Ainazi im Norden an der Grenze zu Estland. Die Windgeschwindigkeiten in 50 Meter Höhe betragen dort durchschnittlich mehr als 6 m/s. Wegen der guten Windverhältnisse und des entlang der Küste verlaufenden Übertragungsnetzes ist die Region an der Westküste besonders gut für die Errichtung von Windparks geeignet. ( AHK, 2014b, S.70-71)

Abbildung 31 gibt einen Überblick über die bestehenden Windparks in Lettland.

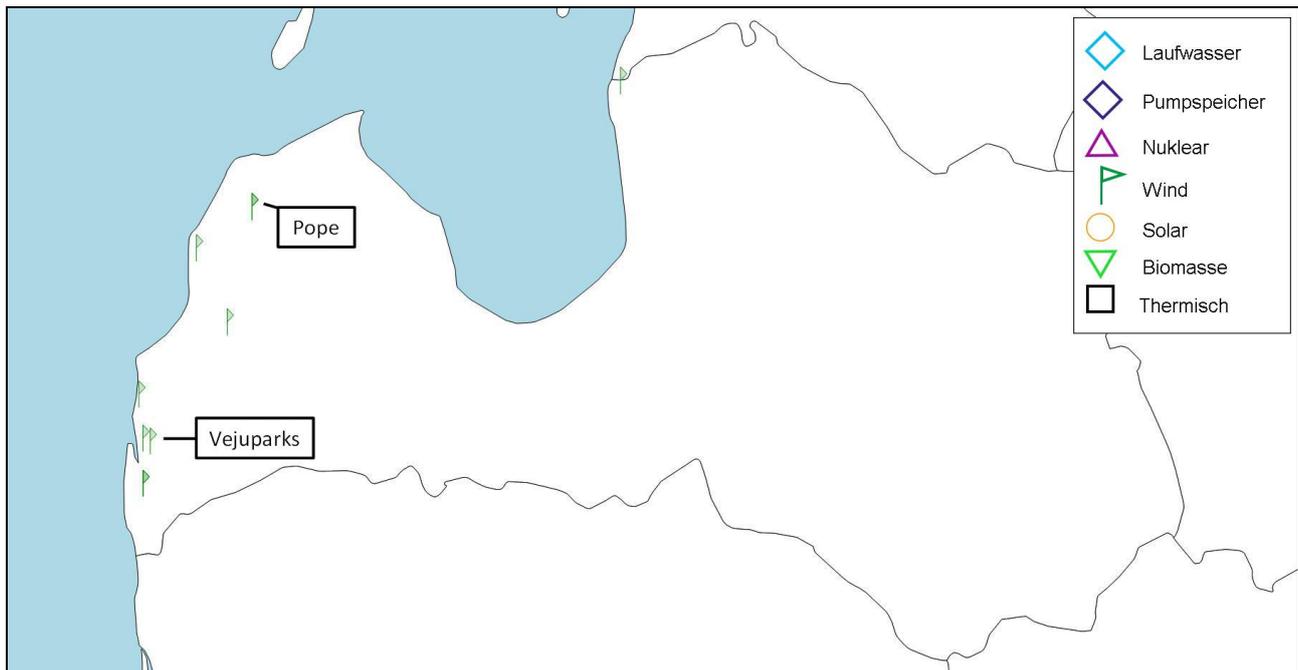


Abbildung 31: Windparks in Lettland (Quelle: Feichtinger, Nischler, Bachhiesl, Stigler, 2015)

Die größten Windparks sind jener von Pope mit einer Kapazität von 20,7 MW und jener von Vejuparks mit einer Leistung von 19,8 MW. Die gesamte installierte Leistung der unterschiedlichen Windkraftanlagen liegt im Bereich von 60 MW, wobei das Potential nach oben hin enorm ist. Tabelle 14 listet die Installierten Leistungen der verschiedenen Windparks auf.

Kraftwerk	$P_{\text{Installiert}}$ [MW]	Typ
Pope	20,7	Wind, Onshore
Vejuparks	19,8	Wind, Onshore
Enercomplus	2,7	Wind, Onshore
Baltnorvent	2	Wind, Onshore
BK-Energia	2	Wind, Onshore
Liepaja	2	Wind, Onshore
Impakt	1	Wind, Onshore
Arsenal	0,85	Wind, Onshore
Seteri	0,85	Wind, Onshore
Ainizai	0,6	Wind, Onshore

Tabelle 14: Windparks in Lettland (Quelle: The Windpower, o.J., eigene Darstellung)

Die Windparks Pope bzw. Vejuparks sind mit ca. 20 MW zurzeit die größten des Landes. Kleinere Windparks sind die Anlagen Arsenal, Seteri und Anizai, deren Leistungen im Kilowattbereich lie-

gen. Die Auswertungen von The Windpower ergeben eine Gesamtleistung der bestehenden Windkraftanlagen von rund 60 MW.

### 3.2.6 Entwicklung des Kraftwerksparks

In Tabelle 15 ist die Entwicklung der Energieproduktion in Lettland bis zum Jahre 2050 veranschaulicht.

Jahr	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
<b>Nettoerzeugungskapazität [MW]</b>	<b>2.837</b>	<b>3.103</b>	<b>3.107</b>	<b>3.113</b>	<b>2.969</b>	<b>2.928</b>	<b>2.903</b>	<b>3.308</b>
Kernenergie	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Erneuerbare Energien</b>	1.652	1.874	1.875	1.877	1.877	1.900	1.908	2.350
Wasser	1.589	1.589	1.589	1.589	1.589	1.612	1.620	1.665
Wind	62	283	284	286	286	286	286	683
Sonne	1	2	2	2	2	2	2	2
Sonstige	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Thermische Kraftwerke</b>	1.185	1.229	1.232	1.236	1.092	1.028	994	958
KWK	1.026	1.026	1.094	1.096	940	927	906	915
Feststoffe	21	21	21	21	21	21	21	21
Gas	1.098	1.098	1.091	1.091	947	867	812	803
ÖL	15	15	15	15	15	8	0	0
Biomasse	50	95	105	108	108	132	161	134
Durchschnittliche Auslastung der Erzeugungskapazitäten [%]	20,9	22,9	27,9	26,1	28,8	30,0	33,1	32,3
Anteil KWK an Bruttostromerzeugung [%]	38,6	33,1	45,3	41,8	45,2	46,4	50,2	42,5
Anteil Erneuerbare Energien an Bruttostromerzeugung [%]	62,4	67,3	57,2	61,4	57,8	60,9	60,9	70,0

Tabelle 15: Entwicklung des lettischen Kraftwerksparks von 2015-2050 (Quelle: EU-RS, 2016, eigene Darstellung)

Auch hier soll laut dem EU-Referenzszenario 2016 der Anteil der erneuerbaren Energien bis 2050, auf bis zu 70% der Stromerzeugung ansteigen. Einen wesentlichen Beitrag dafür, soll der Ausbau der Windparks leisten. Die Installierte Leistung der verschiedenen Windkraftanlagen soll um das Zehnfache ansteigen. Die Stromproduktion aus Kernenergie und Öl soll auch in Zukunft keine Rolle spielen.

### 3.3 Das Elektrizitätsnetz

Der unabhängige ÜNB in Lettland ist das Unternehmen Augstsprieguma tīkls AS. Es trägt die Verantwortung für die Entwicklung des Übertragungsnetzes, die Energieübertragung sowie für die Qualität der zur Verfügung gestellten Energie und ist stets bemüht, die Zuverlässigkeit des Energieübertragungssystems zu erhöhen und die Leistungsverluste im Netz zu reduzieren. So wie die anderen Staaten des Baltikums strebt man zur Sicherstellung einer langfristigen Versorgungssicherheit die Integration in das Elektrizitätssystem der Europäischen Union und somit eine Unabhängigkeit Russlands an. (Ast, o.J.)

Das ÜN in Lettland wird ebenfalls mit einer Höchstspannung von 330 kV betrieben. Das Netz besteht aus 16 Umspannwerken die durch 1.380 km Leitungen miteinander verbunden sind (AST, o.J.).

Abbildung 32 zeigt das Übertragungsnetz in Lettland, wie es in der VISU dargestellt wird.

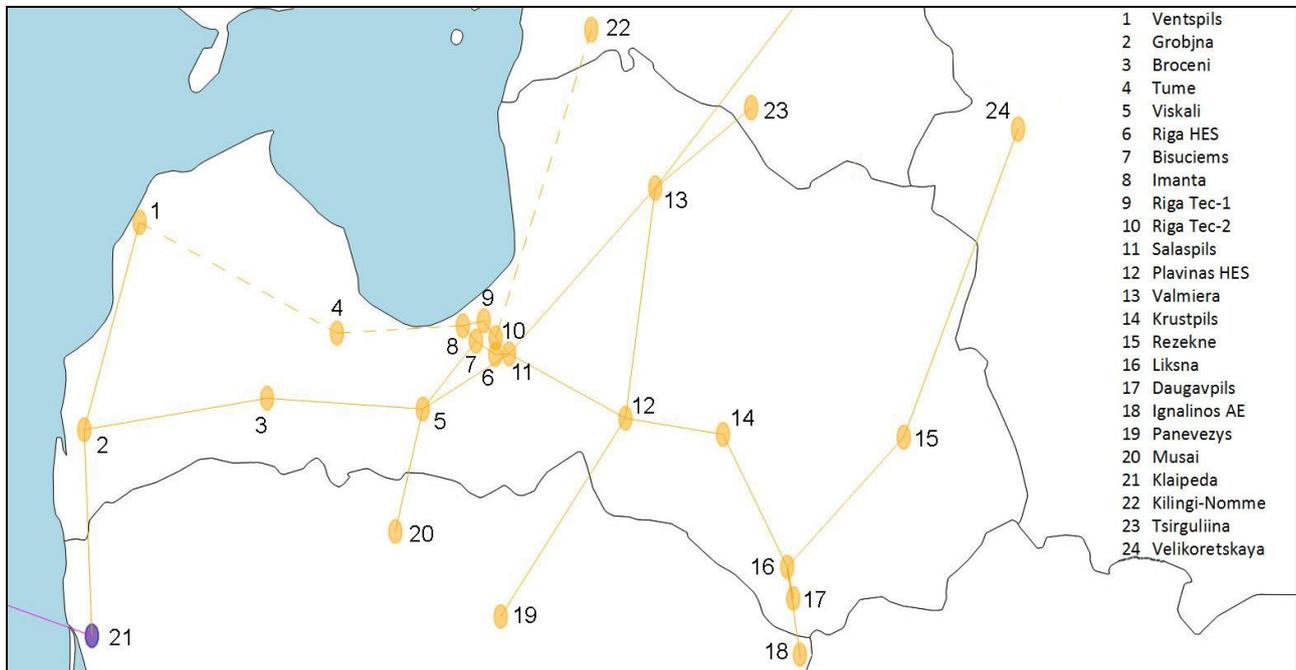


Abbildung 32: Übertragungsnetz in Lettland (Quelle: Feichtinger, Nischler, Bachhiesl, Stigler, 2015)

Lettland ist durch die Leitungen von Valmiera (13) nach Tsirguliina (23) bzw. nach Tartu mit dem nördlichsten Staat des Baltikums verbunden. Im Osten ist die Verbindung mit Russland durch die Leitung zwischen Rezekne (15) und Velikoretskaya (24) realisiert. Die Verbindungsleitungen von Lettland nach Litauen sind im Folgenden gegeben:

- Grobjna (2) ---- Klaipeda (21)
- Viskali (5) ---- Musai (20)
- Plavinas HES ---- Panevezys (19)
- Liksna (16) ---- Ignalinos AE (18)

Um die Versorgungssicherheit des Landes zu erhöhen sind in den nächsten Jahren folgende PCI zum Ausbau der Infrastruktur geplant: (AST, o. J.)

- Der Kurzeme Ring:

Das Projekt um den Kurzeme Ring beinhaltet den Bau einer 330kV Hochspannungsfreileitung im westlichen Teil von Lettland, um die Versorgungssicherheit in der Region Kurzeme zu erhöhen und den Produzenten den direkten Zugang zum ÜN zur Verfügung zu stellen. Das Projekt soll rund 220 Mio. Euro kosten und umfasst eine Leitung von Ventspils (1) über Tume (4) nach Riga, mit einer Gesamtlänge von ca. 330 km und einer Leistung von bis zu 800 MW.

- Die Verbindung zwischen Kilingi-Nõmme (23) und dem Umspannwerk der KWK-Anlage Riga-Tec 2 (10):

Hierbei handelt es sich um ein enorm wichtiges Infrastrukturprojekt für den gesamten Ostseeraum zur Sicherung der Stromversorgung in der Region, sowie einem effektivem Funktionieren des Energiemarktes im Baltikum. Das Projekt soll bis zum Jahr 2020 abgeschlossen sein und ist in den Entwicklungsplänen für die nächsten Jahre enthalten.

Die maximalen NTC-Werte für Lettland sind in Tabelle 16 gegeben.

<b>Von-Nach</b>	<b>NTC [MW]</b>
LV → EE	879
EE → LV	1000
LV → RU	291
RU → LV	323
LV → LT	1234
LT → LV	684

Tabelle 16: Maximale NTC-Werte für Lettland (Quelle: ENTSO-E, 2016, eigene Darstellung)

Der maximale NTC-Wert von Estland nach Lettland beträgt beispielweise 1.000 MW, für die Umkehrrichtung wird ein maximaler Wert von 879 angegeben.

### 3.4 Die Verbraucherseite

In diesem Kapitel wird die Verbrauchsaufteilung auf die jeweiligen Netzknoten analysiert.

#### 3.4.1 Überblick

Der Stromverbrauch in Lettland belief sich im Jahr 2014 auf 6.582 GWh und ist im Vergleich zum Vorjahr minimal angestiegen.

In Tabelle 17 ist die Strombilanz Lettlands von 2009-2014 dargestellt.

	2009	2010	2011	2012	2013	2014
<b>Bruttostromerzeugung [GWh]</b>	5.569	6.627	6.094	6.167	6.209	5.141
<b>(-) Eigenverbrauch der Kraftwerke [GWh]</b>	379	560	532	451	413	411
<b>(+) Importe [GWh]</b>	4.259	3.973	4.009	4.935	5.005	5.340
<b>(-) Exporte [GWh]</b>	2.605	3.100	2.764	3.244	3.650	3.023
<b>(-) Verluste [GWh]</b>	741	725	616	559	575	465
<b>(-) Stromverbrauch [GWh]</b>	6.103	6.215	6.191	6.848	6.576	6.582
...Industrie	1.506	1.590	1.670	1.993	1.808	1.667
...Transport	121	126	124	129	124	117
...Privathaushalte	2.000	1.938	1.772	1.776	1.783	1.747
...Gewerbe und Dienstleistungen	2.335	2.420	2.487	2.798	2.703	2.882
...Landwirtschaft	128	133	129	140	143	159
...Fischerei	7	6	6	8	11	8
...Andere Sektoren	6	2	3	4	4	2

Tabelle 17: Strombilanz 2009-2011 in Lettland auf Basis der Datenangaben von (IEA, o. J.)

Die Verbrauchschwerpunkte verlagern sich größtenteils auf die Dienstleistungen, die Privathaushalte, sowie die Industrie. Die Bereiche des Transports, der Landwirtschaft und der Fischerei nehmen einen kleinen Anteil am Gesamtenergieverbrauch ein. Die Aufteilung des Verbrauchs aus dem Jahr 2014 auf die einzelnen Bereiche ist in Abbildung 33 graphisch dargestellt.

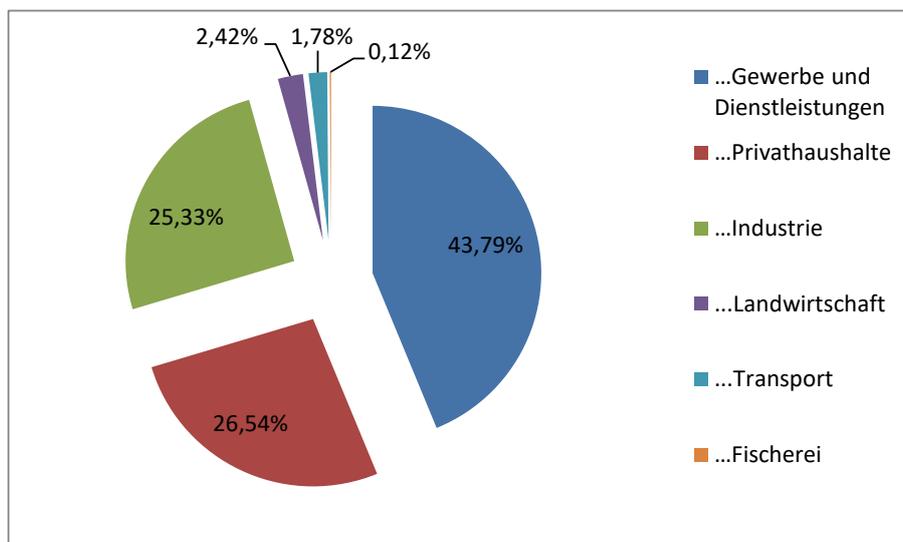


Abbildung 33: Stromverbrauch der unterschiedlichen Sektoren in Lettland 2014 (Quelle: IEA, o.J., eigene Darstellung)

Fast die Hälfte des benötigten Stroms wird von den Branchen des Gewerbes und den Dienstleistun-

gen benötigt. Die andere Hälfte teilt sich jeweils zu etwa einem Viertel auf die Bereiche der Industrie und den Privaten Haushalten auf.

### 3.4.2 Bevölkerungsverteilung

Abbildung 34 veranschaulicht die Zuteilung der Gebiete Lettlands zur NUTS 3 Ebene.

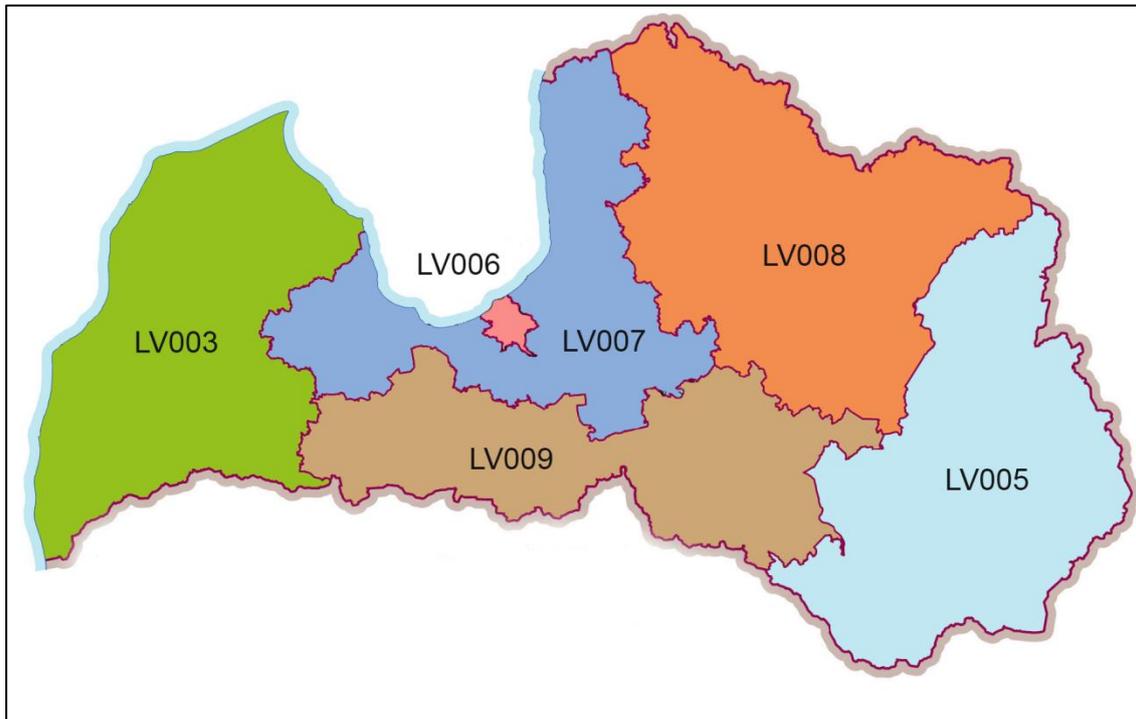


Abbildung 34: NUTS 3-Ebenen in Lettland (Quelle: eigene Darstellung)

Die Gebiete Lettlands sind folgendermaßen zur NUTS 3 Ebene zugeordnet: (NSD, o. J.)

- LV003 Kurzeme
- LV006 Rīga
- LV008 Vidzeme
- LV005 Latgale
- LV007 Pierīga
- LV009 Zemgale

Tabelle 18 zeigt die wichtigsten Daten der einzelnen statistischen Regionen.

NUTS Code	Region	Fläche [km <sup>2</sup> ]	Einwohner	Energieverbrauch [GWh]	Bevölkerungsdichte [Einw./km <sup>2</sup> ]
LV003	Kurzeme	13.607	258.533	857	19
LV005	Latgale	14.550	276.450	916	19
LV006	Rīga	304	641.136	2125	2.109
LV007	Pierīga	10.135	364.860	1209	36
LV008	Vidzeme	15.245	198.185	657	13
LV009	Zemgale	10.732	246.836	818	23

Tabelle 18: Statistiken zu den NUTS Regionen (Quelle: CSB, 2015, eigene Darstellung)

Riga ist die Region mit den meisten Einwohnern und dem höchsten Energiebedarf. Die flächenmäßig größte Region ist Vidzeme mit 15.235 km<sup>2</sup>.

### 3.4.3 Verbrauchsschwerpunkte

Für die Verbrauchsaufteilung auf die einzelnen Netzknoten wurde zunächst der Stromverbrauch des Landes für 2014 herangezogen, welcher bei 6.582 GWh liegt, und durch die Bevölkerung des Landes dividiert, um den Stromverbrauch pro Person zu erhalten. Dieser Wert wurde jeweils mit der Anzahl der Bevölkerung der unterschiedlichen Nuts 3 Regionen multipliziert um den Verbrauch pro Nuts Ebene zu ermitteln, welcher aus Tabelle 18 zu entnehmen ist. Der jeweilige Energiekonsum der einzelnen Regionen wurde wiederum mit Hilfe der Lage der Umspannwerke, sowie der geographischen Beschaffenheit der Standorte auf die unterschiedlichen Netzknoten des Landes verteilt. In Abbildung 35 sind die Verbrauchsschwerpunkte des Landes, wie sie in ATLANTIS ausgewertet wurden, graphisch veranschaulicht.

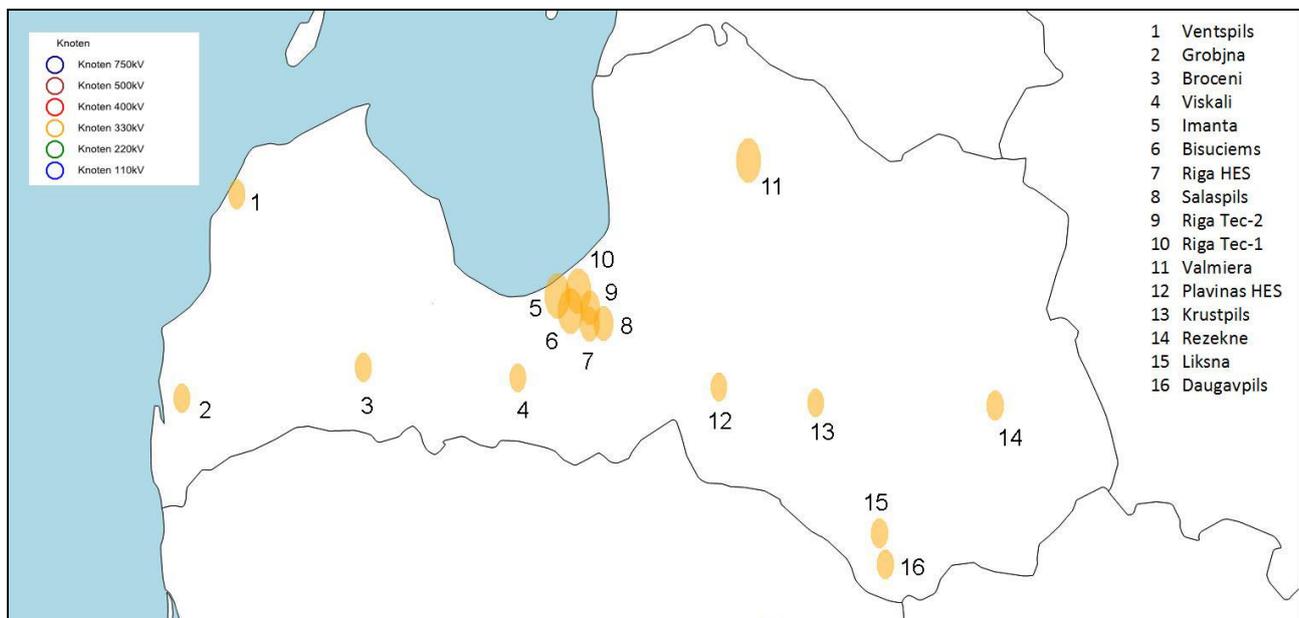


Abbildung 35: Verbrauchsschwerpunkte der unterschiedlichen Netzknoten in Lettland (Quelle: Feichtinger, Nischler, Bachhiesl, Stigler, 2015)

Die Legende auf der linken Seite gibt die Spannungswerte der Umspannknoten wieder. Auf der rechten Seite sind die unterschiedlichen Umspannwerke anhand ihrer Lage in der jeweiligen Ortschaft aufgelistet. Man erkennt, dass sich der Verbrauchsschwerpunkt des Landes in unmittelbarer Umgebung der Hauptstadt befindet

## 3.5 Elektrizitätsmarkt

Dieses Kapitel beschreibt den Aufbau, die Funktionsweise und die Ausrichtung des Energiemarktes in Lettland.

### 3.5.1 Gesetzliche Rahmenbedingungen

Dieses Kapitel basiert im Wesentlichen auf der Deutsch-Baltischen Handelskammer in Estland, Lettland, Litauen; Energieversorgung mit erneuerbaren Energien in der Industrie in Lettland. (AHK, 2014b, S.21-24)

Ein wichtiges Instrument zur Regulierung der Aktivitäten auf dem lettischen Energiemarkt ist das **Energiegesetz**, das im Oktober 1998 in Kraft getreten ist. Es regelt die Bereiche von Produktion, Umwandlung, Speicherung, Übertragung und Verteilung von Energie sowie die Energieversorgung.

Die wichtigste Rechtsgrundlage für die Regulierung des lettischen Strommarktes ist das **Strommarktgesetz** vom Juni 2005. Es regelt den Stromhandel sowie die Erzeugung bis hin zur Verteilung der elektrischen Energie

Die Aktivitäten, die mit der Erzeugung, Übertragung, Versorgung und dem Handel von Energieressourcen auf dem lettischen Strommarkt verbunden sind, werden durch mehrere Verordnungen bestimmt. Einige davon sind folgende:

- Die „Verordnung über den Stromhandel und Stromverbrauch“ vom 21.01.2014.
- Die „Verordnung über die Anwendung der Energie-Subventionssteuer“ vom 17.12.2013.
- Die „Verordnung über den Bau von Stromübertragungs- und Stromverteilungsnetzen“ vom 03.04.2012.
- Die „Verordnung über den Stromhandel und Stromverbrauch“ vom 29.11.2011.

### 3.5.2 Relevanten Marktakteure

Das führende lettische **Erzeugungsunternehmen** ist „Latvenergo AS“. Seine Kraftwerke liefern etwa 90% des gesamten erzeugten Stroms im Land, womit sie mehr als die Hälfte des Strombedarfs in Lettland befriedigen. Folgende zwei Energieressourcen werden zur Erzeugung verwendet:

- Erneuerbaren Energiequellen aus Wasserkraftwerken, Biomasse- und Windkraftanlagen.
- Hocheffiziente KWK in Gaskraftwerken.

Die größten Erzeugungsanlagen sind die Wasserkraftwerke in Daugava, sowie die KWK-Anlagen in Riga. (Latvenergo, o.J.)

Der unabhängige **ÜNB** in Lettland, welcher die Versorgungssicherheit gewährleistet, ist der Energiekonzern „Augstsprieguma tīkls AS“. (AST, o.J.)

Die „Public Utilities Commission“ (PUC) ist die nationale lettische **Regulierungsbehörde**. Zu ihren Aufgaben zählen unter anderem die Förderung des Wettbewerbs, Vergabe von Lizenzen und Genehmigungen, sowie die Gewährleistung des Verbraucherschutzes. (ICT, o.J.)

Der dominierende **VNB** in Lettland ist das Unternehmen "Sadales tīkls". Dabei handelt es sich um eine eigenständige juristische Person innerhalb der Holding JSC "Latvenergo". Das Unternehmen deckt mit 99% fast die gesamte Verteilung ab. (ST, o.J.)

Weiter relevante Ministerien und Agenturen im Energiesektor sind: (AHK, 2011a, S. 23)

- Das **Wirtschaftsministerium** ist seit 1990 die führende staatliche Verwaltungseinrichtung in Lettland und trägt die Hauptverantwortung für den Energiesektor. Zu seinen Aufgaben zählt unter anderem die Koordinierung der Energiepolitik, die Überwachung und Analyse der Energiebilanz und des Primärenergieverbrauchs, sowie die Analyse und Bewertung von Investitionsvorhaben im Energiesektor.
- Das **Umweltministerium** ist verantwortlich für die Förderung der Nutzung von erneuerbaren Energieressourcen, sowie u.a. für die die Steigerung der Energieeffizienz. Das Landwirtschaftsministerium beschäftigt sich unter anderem mit der Erhaltung und nachhaltigen Bewirtschaftung der Wälder des Landes.
- Für die Förderung der energiewirtschaftlichen Ziele gibt es eine Reihe von **Agenturen und Behörden** wie der lettische Verband für Bioenergie, der lettische Verband für Windenergie, der lettische Verband für kleinere Wasserkraftwerke, die Konföderation der erneuerbaren Energien, sowie der Verband der lettischen Wärmeversorgungsunternehmen.

### 3.5.3 Funktionsweise Strommarkt

Die Funktionsweise des Strommarktes für Lettland kann aus Kapitel 2.5.3 übernommen werden.

### 3.5.4 Strompreis

In Lettland wurde der Strommarkt für neue Kunden bereits ab dem Jahr 2007 schrittweise geöffnet, zwei Jahre später erreichte der Anteil des freien Strommarktes bereits 35 %. Ende des Jahres 2012 waren alle gewerblichen Kunden schon Nutznießer des freien Strommarktes, lediglich für einige Privathaushalte waren die differenzierten Preistarife wirksam. Seit Jahresbeginn 2015 ist der lettische Strommarkt vollständig liberalisiert und es gelten für alle Kunden die Marktpreise. (AHK, 2014b, S.30)

Die Strompreisgestaltung in Lettland hängt grundsätzlich von folgenden Faktoren ab: (Elektrum, o.J.)

- Elektrizitätskosten, welche durch Faktoren wie Wetterbedingungen, Brennstoffpreise, Emissionshandelspreise, etc. beeinflusst werden.
- Netznutzungskosten, die durch den Staat reguliert sind.
- Zulage für Erneuerbare Energien.
- Verbrauchs- und Umsatzsteuer.

Der Durchschnittspreis für Privathaushalte lag 2015 bei 16,5 Euro-Cent/kWh. (CSB, 2016)

## 4 Litauen

In diesem Kapitel erfolgt die Energiemarktanalyse für den südlichsten Staat des Baltikums.

### 4.1 Grundlagen

Dieses Kapitel gibt einen grundlegenden Überblick über die Republik Litauen.

#### 4.1.1 Überblick

Die Informationen zu diesem Kapitel stammen im Wesentlichen aus der offiziellen Website der Regierung der Republik Litauen. (Lietuva, o.J.)

Litauen liegt in Nordosteuropa und grenzt im Westen an die Ostsee und hat gemeinsame Grenzen mit Lettland, Weißrussland, Polen und der russischen Exklave Kaliningrad. (vgl. Abb. 36).

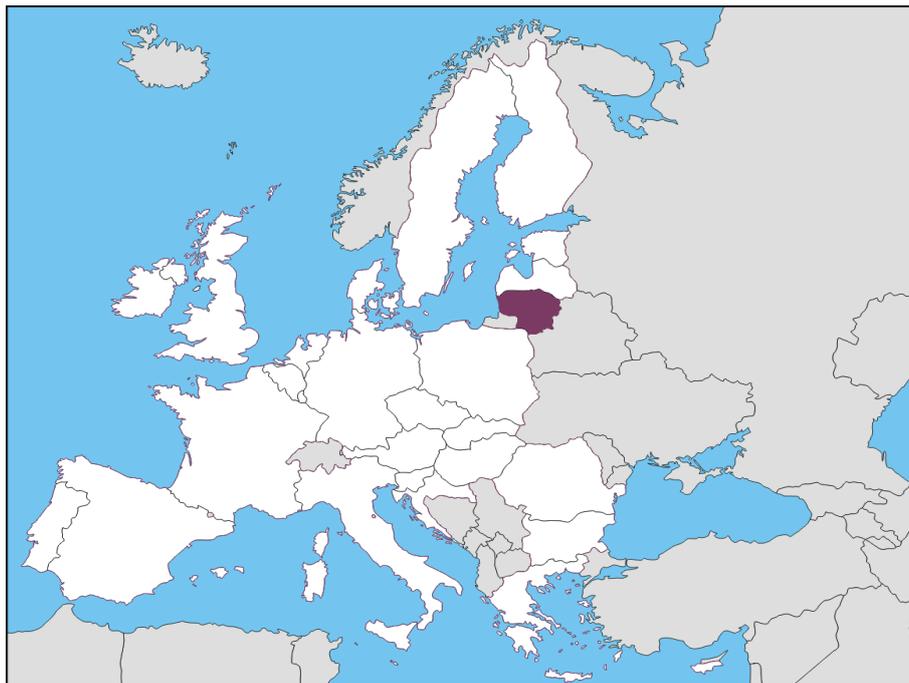


Abbildung 36: Geographische Lage Litauens (Quelle: d-maps, 2015; eigene Darstellung)

Die offizielle Landessprache ist Litauisch. In einem Gebiet von 65.300 km<sup>2</sup> leben 2,979 Mio. Einwohner. Die Hauptstadt ist Vilnius mit rund 532.000 Einwohnern. Weitere wichtige industrielle Zentren sind Kaunas, Klaipėda, Siauliai und Panevezys. Litauen gliedert sich in 10 Bezirke, mit 60 Selbstverwaltungen, welche wiederum in 546 Amtsgemeinden unterteilt sind. Die Bevölkerungsschicht setzt sich aus folgenden Anteilen zusammen:

- 84,2% Litauer
- 5,8% Russen
- 2,2% Andere Nationalitäten
- 6,6% Polen
- 1,2% Weißrussen

Die Landschaft in Litauen ist durch Tiefebene gekennzeichnet, welche dreiviertel der Gesamtfläche in Anspruch nehmen.

#### 4.1.2 Historisches

Die Informationen dieses Abschnittes stammen sinngemäß aus der offiziellen Website der Regierung der Republik Litauen. (Lietuva, o.J.)

Litauen musste seine Unabhängigkeit in der jüngeren Geschichte zweimal erringen. Im Jahr 1795 wurde Litauen von Russland besetzt und für die kommenden 120 Jahre eingenommen. Zwar erlangte der Staat 1918 erneut die Unabhängigkeit, wurde aber später wie die anderen baltischen Staaten in die Sowjetunion eingegliedert. Erst seit dem 11. März 1990 ist Litauen eine selbstständige, unabhängige Republik.

Weitere wichtige Ereignisse der letzten 25 Jahre:

- Beitritt zur NATO am 29. März 2004.
- Beitritt zur EU am 1. Mai 2004.
- Einführung des Euro am 1. Januar 2015.

#### 4.1.3 Politik

Litauen ist eine parlamentarische Republik mit einem unabhängigen und demokratischen Mehrparteiensystem. Die Legislative im Staat bildet das Parlament, welches den Namen "Seimas" hat, die ausführende Gewalt liegt bei der Regierung. Das Parlament besteht aus einer Kammer mit 141 Mitgliedern, die von den Bürgern für eine Legislaturperiode von vier Jahren gewählt werden. Die gesetzgebende Gewalt in Form der Regierung setzt sich aus dem Premierminister Andrius Kubilius und einem Kabinett von 14 Ministern zusammen. Die litauische Außenpolitik wird vom Präsidenten gemeinsam mit der Regierung gestaltet. Die Amtszeit des Präsidenten, welcher vom Volk gewählt wird, beträgt fünf Jahre. Mit Dalia Grybauskaitė steht erstmalig eine Frau an der Regierungsspitze. (Lietuva, o.J.)

#### 4.1.4 Wirtschaft

Die globale Wirtschaftskrise von 2009 traf Litauen von den baltischen Staaten am härtesten. Mit einem Rückgang des BIP von 14,8% durchlebte Litauen eine der schwersten Rezessionen innerhalb der EU. Aber auch Litauen schaffte es wie seine Nachbarn, neuen Mut aus der Krise zu schöpfen und konnte bereits 2010 mit einem Wachstum des BIP von 1,6% bereits einen minimalen Aufwärtstrend verspüren. In den darauffolgenden Jahren schaffte die Republik es, die starken Einbrüche der Krisenjahre hinter sich zu lassen. In 2013 stieg das BIP um 3,3%. Für die Jahre 2014 und 2015 wird von einem Wachstum von 3% bzw. 1,8% ausgegangen. Abbildung 37 spiegelt den Verlauf des Wirtschaftswachstums der Jahre 2005-2015 wider.

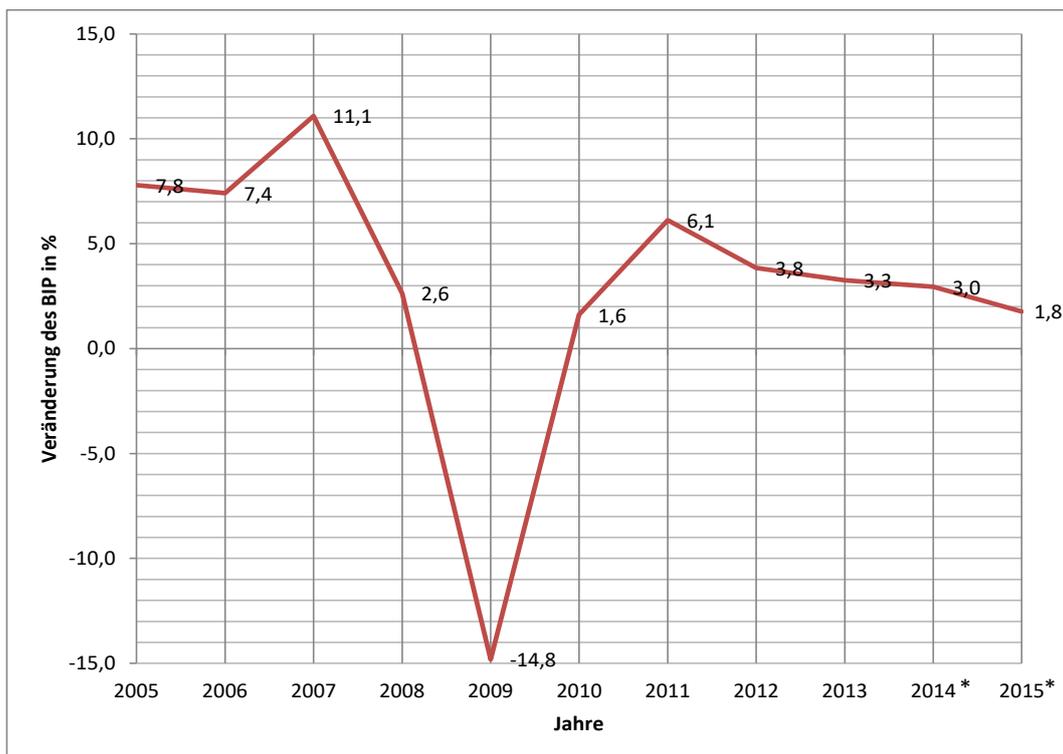


Abbildung 37: Wachstum des BIP von 2005-2015 (Quelle: Statista, 2016b, eigene Darstellung)

Maßgeblich für den Wirtschaftsaufschwung im Land ist der Außenhandel. Im Jahr 2014 wurden umgerechnet Güter im Wert von 32,4 Mrd. Euro exportiert und gleichzeitig Güter im Wert von 35,2 Mrd. Euro importiert. Die meisten Exporte gehen mit rund 20% nach Russland, weitere Hauptexportländer sind unter anderem Lettland, Polen und Deutschland. Wichtigster Partner bei den Einfuhrgütern ist ebenfalls Russland mit mehr als einem Fünftel der gesamten Importe. Die weiteren Plätze belegen Deutschland, Polen und Lettland. (Globoledge, 2014)

Die wichtigsten Exportwaren Litauens sind in Abbildung 38 dargestellt.

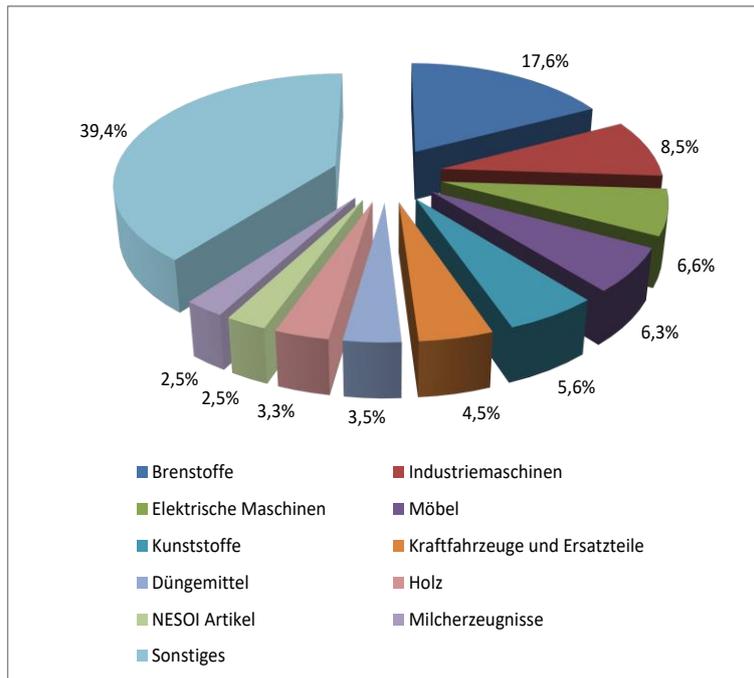


Abbildung 38: Litauische Exporte 2014 (Quelle: Globaledge, 2014, eigene Darstellung)

Die wichtigsten Exportwaren sind die Brennstoffe mit 17,6 % und die Industriemaschinen mit 8,5 %. Einen wesentlich geringeren Beitrag leisten Holz, Kunststoffe und Milcherzeugnisse. Abbildung 39 zeigt die wichtigsten Importwaren Lettlands, wobei sich ein ähnliches Bild zeigt.

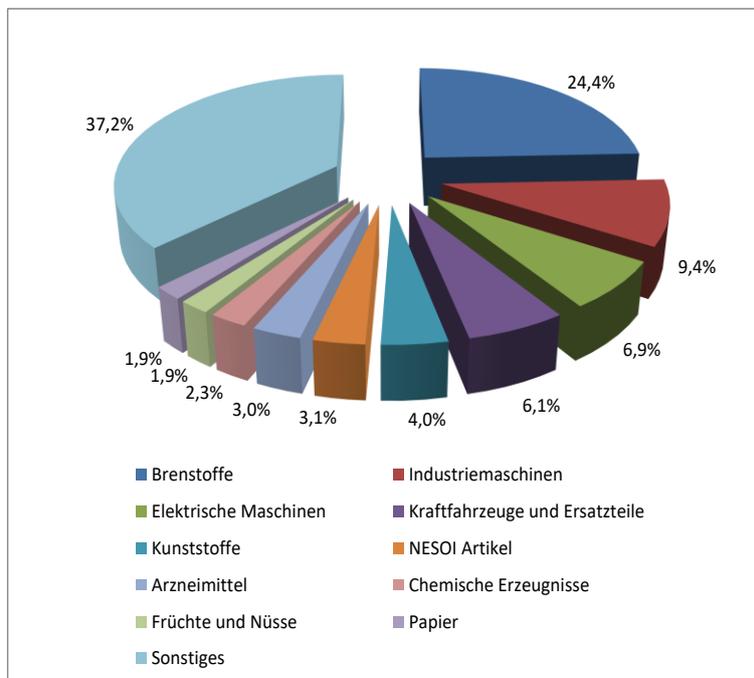


Abbildung 39: Litauische Importe 2014 (Quelle: Globaledge, 2014, eigene Darstellung)

Auch bei den Importen zeigt sich ein ähnliches Bild. Rund ein Viertel der importierten Waren sind Brennstoffe, gefolgt von den Maschinen und der Automobilindustrie. Die Einfuhr von Papier ,

Früchten, sowie chemischen Erzeugnissen hat hingegen einen geringeren Stellenwert.

#### **4.1.5 Energiestrategie**

Die Informationen dieses Abschnittes stammen, so nicht anders beschrieben, aus der Deutsch-Baltischen Handelskammer in Estland, Lettland, Litauen. Energieversorgung mit erneuerbaren Energien in der Industrie in Litauen. (AHK, 2015, S.13)

Mit der Schließung des Kernkraftwerks "Ignalina" mit Jahresende 2009 begann für Litauen im Energiesektor ein neues Zeitalter. Große Herausforderungen wie der wachsende Energiebedarf, Abhängigkeit des Landes von russischen Energie-Rohstoffen, EU-Anforderungen sowie steigende Preise für fossile Brennstoffe standen ab nun an der Tagesordnung. Mit der "Strategie der energetischen Unabhängigkeit" vom Oktober 2010 wurde eine neue Energiestrategie entwickelt. Dieser neue Lösungsweg sieht die Entwicklung im Energiebereich von Litauen bis 2050 vor, wobei die größte Aufmerksamkeit der Zeitperiode bis 2020 gewidmet wird. Folgende Hauptziele sollen damit erreicht werden:

- Sicherung der energetischen Unabhängigkeit bis 2020.
- Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit.
- nachhaltige Entwicklung.

Damit diese Ziele auch umgesetzt werden können, wird zur Entwicklung des Energiesektors maßgeblich beigesteuert. Folgende Pläne werden verfolgt:

- Integration des litauischen Energiesystems in die EU-Systeme und den EU-Energiemarkt.
- Weiterentwicklung von verschiedenen Primärenergiequellen.
- Einführung des 3. EU-Energiepakets.
- Liberalisierung des Strommarktes.
- Steigerung der Energieeffizienz.

## 4.2 Analyse des Aufbringungssektors

Dieses Kapitel gibt einen grundlegenden Überblick über die erzeugenden Kraftwerke in Litauen.

### 4.2.1 Allgemeines

Mit der Schließung des Kernkraftwerks "Ignalina" mit Jahresende 2009 begann im Stromsektor für Litauen schlagartig ein neues Zeitalter. Abbildung 40 zeigt die Gegenüberstellung von Bruttostromerzeugung und Stromverbrauch in Litauen von 2009-2014.

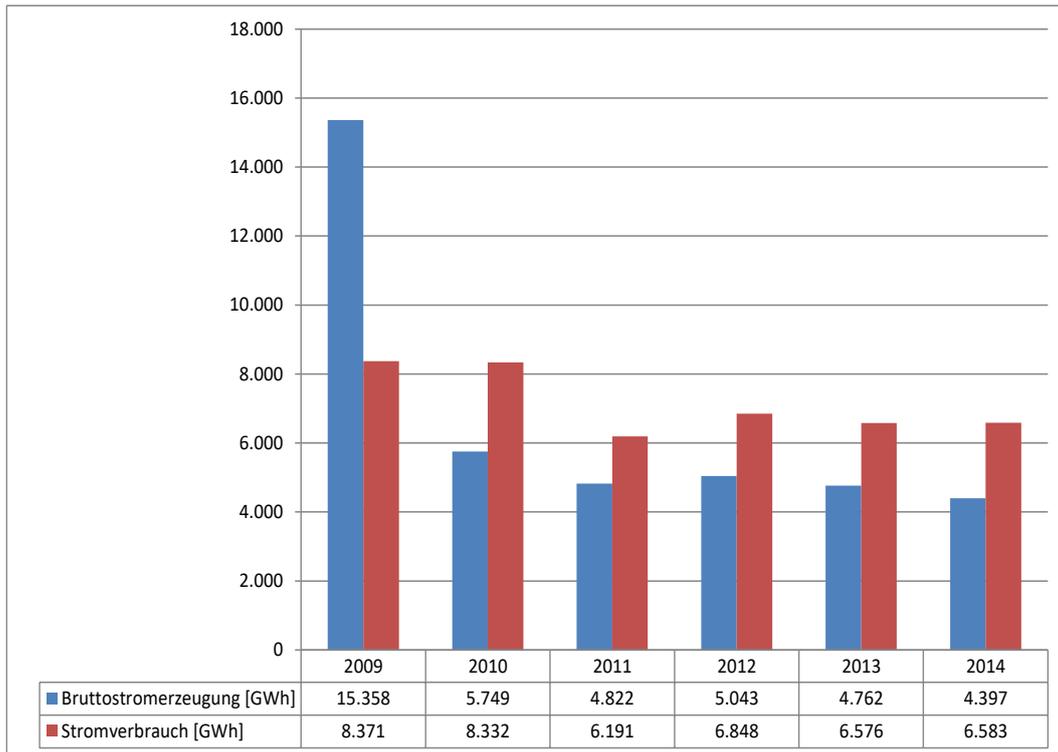


Abbildung 40: Gegenüberstellung von Bruttostromerzeugung und Stromverbrauch in Litauen von 2009-2014, eigene Darstellung auf Basis von (IEA, o.J.)

Die Stromproduktion im darauffolgenden Jahr sank auf rund ein Drittel und somit wurde man quasi über Nacht von einem Stromexportland zu einem Stromimporteur. Mit der Gegenüberstellung von Erzeugung und Verbrauch in Abbildung 40 wird dieses Szenario noch besser zum Ausdruck gebracht. Im Jahr 2014 wurden nur mehr 4.397 Millionen kWh Strom erzeugt, was im Vergleich zum Jahr 2009 einer Senkung von rund 71 % entspricht. Auch der Konsum elektrischer Energie ist im Vergleich zum Zeitpunkt der Schließung zurückgegangen und betrug 2014 noch 6.538 GWh.

Die Anteile der unterschiedlichen Energiequellen an der Stromproduktion aus dem Jahr 2014 sind in Abbildung 41 veranschaulicht.

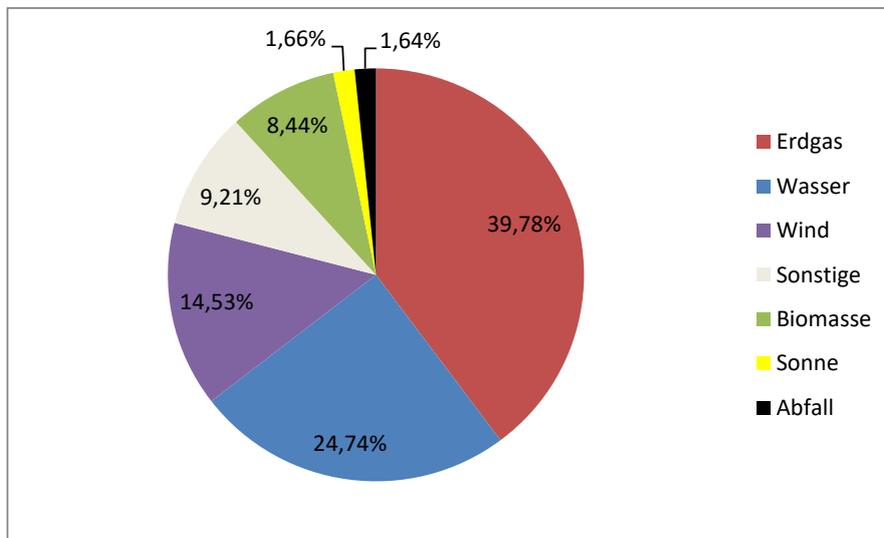


Abbildung 41: Anteil der Energieträger an der Stromproduktion 2014 (Quelle: IEA, o.J., eigene Darstellung)

Rund 40% der Stromproduktion basiert auf Gaskraftwerken, welche mit Erdgas befeuert werden. Rund die Hälfte der Energieproduktion hat ihren Ursprung in den erneuerbaren Energien, wobei im Vergleich zu den beiden anderen baltischen Staaten auch auf die Verwendung von Sonnenenergie zurückgegriffen wird.

#### 4.2.2 Gaskraftwerke

In Abbildung 42 sind die Standorte der größten, erdgasbefeuerten Kraftwerke in Litauen aufgezeigt.

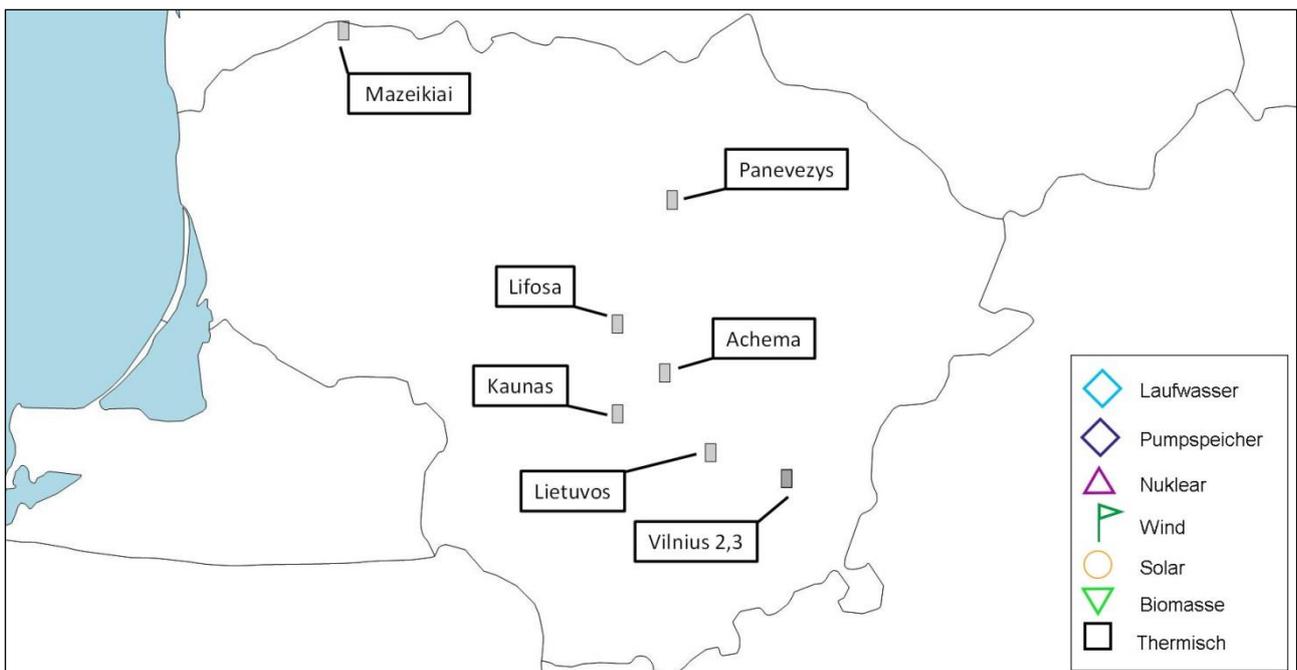


Abbildung 42: Übersicht der Gaskraftwerke in Litauen (Quelle: Feichtinger, Nischler, Bachhiesl, Stigler, 2015)

Die Standorte der thermischen Gaskraftwerke befinden sich vorwiegend im Zentrum des Landes.

Der Kraftwerkskomplex in Elektrenai des Erzeugungsunternehmens Lietuvos Energijos Gamyba wurde in den Jahren 1960 – 1972 errichtet. Das Kraftwerk ist mit einer installierten Leistung von 1.045 MW die größte Produktionsanlage des Landes und besteht aus folgenden Blöcken:

- Zwei Bereitschaftsblöcke zu je 300 MW.
- Gas-und-Dampf-Kombikraftwerksblock mit 445 MW, welcher im Oktober 2012 in Betrieb genommen wurde.

Die Jahresproduktion im Jahr 2014 beläuft sich auf 857 GWh erzeugter elektrischer Energie. (LE, o. J.)

Die Kapazitäten der weiteren aufgezeigten Kraftwerksanlagen, wie die KWK-Anlagen in Vilnius bzw. Kaunas, sind in Tabelle 19 aufgelistet.

<b>Kraftwerk</b>	<b>P<sub>Installiert</sub> [MW]</b>	<b>Typ</b>
Lietuvos Elektrine	1045	Thermisch, GuD, Erdgas
Vilnius 3	360	Thermisch, KWK, Erdgas
Kaunas	170	Thermisch, KWK, Erdgas
Mazeikiai	160	Thermisch, Erdgas, Industrie KW
Achema	75	Thermisch, GuD, Erdgas, Industrie KW
Panevezys	35	Thermisch, KWK, Erdgas
Vilnius 2	29	Thermisch, KWK, Erdgas
Lifosa	25	Thermisch, Erdgas, Industrie KW

Tabelle 19: Auflistung der erdgasbefeuerten Kraftwerke in Litauen (Quelle: Platts, 2015, eigene Darstellung)

Die Kraftwerksanlagen in Mazeikiai, Achema und Lifosa dienen in erster Linie zur Versorgung der jeweiligen Industrieanlagen. Die Gesamtleistung der analysierten erdgasbefeuerten Kraftwerke beträgt rund 1.900 MW.

### 4.2.3 Wasserkraftwerke

Die Stromerzeugung aus Wasser ist ein wichtiger Bestandteil des lettischen Energiemarktes. Abbildung 43 zeigt die Lage der Wasserkraftwerke des südlichsten Staates des Baltikums.

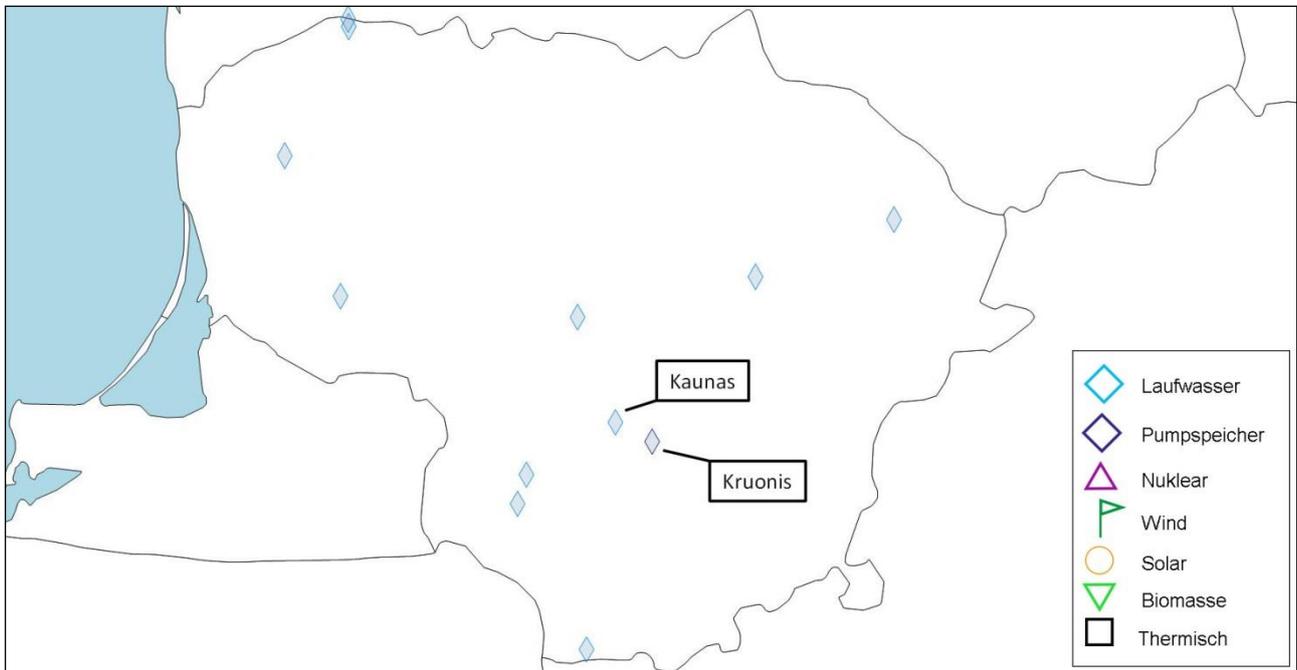


Abbildung 43: Übersicht der Wasserkraftwerke in Litauen (Quelle: Feichtinger, Nischler, Bachhiesl, Stigler, 2015)

Das einzige Pumpspeicherkraftwerk des Baltikums befindet sich nördlich der Stadt Kruonis. Mit seiner Leistung von rund 900 MW ist das Kraftwerk im Stande, die benötigte Reserveleistung in Notfällen innerhalb weniger Minuten fast alleine abzudecken. Im Pumpbetrieb (Zeit geringer Nachfrage), wird das Wasser in das mit einem Höhenunterschied von rund 100m gelegene Oberwasserbecken (303 ha) gepumpt, um während der Spitzenzeiten Regelleistung zur Verfügung zu stellen. (LE, o.J.)

Die charakteristischen Daten der Anlage sind folgende: (LE, o. J.)

- Vier Blöcke zu je 225 MW.
- Leistung im Pumpbetrieb von 220 MW.
- Jahresproduktion 2014 von 661 GWh.

Die weiteren Standorte kennzeichnen einige kleinere Produktionseinheiten, die sich im Bereich einer Kapazität von 1 MW befinden und sind in Tabelle 20 aufgelistet.

<b>Kraftwerk</b>	<b>P<sub>Installiert</sub> [MW]</b>	<b>Typ</b>
Kruonis	900	Pumpspeicherkraftwerk
Kruonis	101	Wasserkraftwerk
Balskai	2,9	Wasserkraftwerk
Antaliepte	2,55	Wasserkraftwerk
Kavarskas	1,5	Wasserkraftwerk
Angiriu	1,25	Wasserkraftwerk
Godingos	0,85	Wasserkraftwerk
Juodeikiu	0,82	Wasserkraftwerk
Baltosios	0,65	Wasserkraftwerk
Kuodziu	0,6	Wasserkraftwerk
Marjampole	0,6	Wasserkraftwerk
Antanavo	0,4	Wasserkraftwerk

Tabelle 20: Auflistung der Wasserkraftwerke in Litauen (Quelle: Platts, 2015, eigene Darstellung)

Das größte und bekannteste Laufwasserkraftwerk befindet sich in Kaunas und ist durch folgende technische Daten charakterisiert: (LE, o. J.)

- Vier Kraftwerkseinheiten zu je 25,2 MW.
- Maximale Durchflussmenge einer Turbine von 158 m<sup>3</sup>/s.
- Jahresproduktion 2014 von 317 GWh.

#### 4.2.4 Windkraftwerke

Bis vor ein paar Jahren galt der Windkraft in Litauen keine große Aufmerksamkeit, obwohl die Lage und die saubere Energiequelle positive Aspekte wären. Abb. 44 gibt einen Überblick über die momentan bestehenden Windparks, wobei das Potential um ein Vielfaches größer sein könnte.

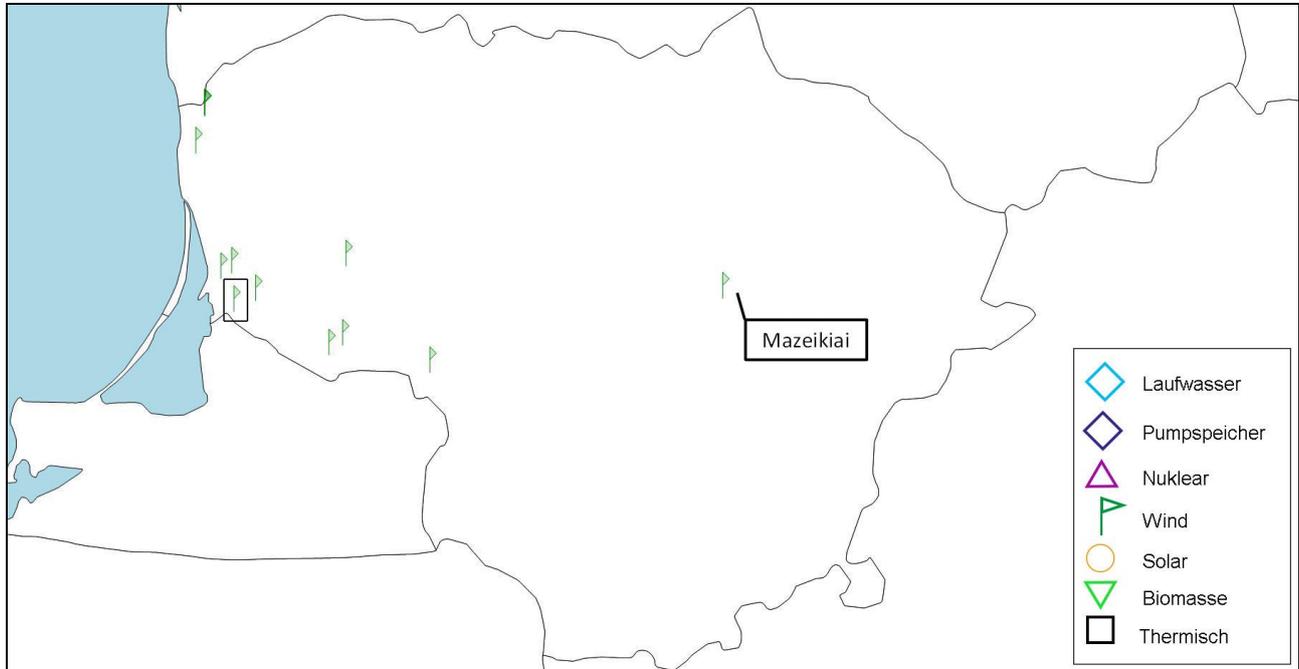


Abbildung 44: Übersicht der Windparks in Litauen (Quelle: Feichtinger, Nischler, Bachhiesl, Stigler, 2015)

Das technische Potential der Windenergie in Litauen wird vom Litauischen Verband der Windkraftwerke mit 850 MW onshore und 1.000 MW offshore eingeschätzt, jedoch wirken einige politische Maßnahmen einer Entwicklung der Windenergie in Litauen entgegen. Das litauische Erneuerbare-Energie-Gesetz legt die maximalen Kapazitäten fest, die mit Förderung bis 2020 ausgebaut werden können (für Anlagen, die größer als 10 kWh sind), von denen aber keine freien Kapazitäten mehr verfügbar ist und so die Projekte für zukünftige Anlagen momentan auf Eis gelegt sind. Aber auch die Mehrheit der Küstengebiete ist für den Bau von Windparks ausgeschlossen, da es sich um Naturschutz-, Erholungs- oder Wohngebiete handelt. (AHK, 2015, S.48-49)

Tabelle 18 einen Überblick über die unterschiedlichen Kapazitäten der Anlagen, wobei das Potential um ein Vielfaches größer sein könnte.

<b>Kraftwerk</b>	<b>P<sub>Installiert</sub> [MW]</b>	<b>Typ</b>
Silute	60	Wind, Onshore
Mazeikiai	45,6	Wind, Onshore
Ciuteliai	39,1	Wind, Onshore
Benaiciai II	34	Wind, Onshore
Rudaiciai	30	Wind, Onshore
Jubarkas	24	Wind, Onshore
Didsiliai	21,5	Wind, Onshore
Kreivenai	20	Wind, Onshore
Benaiciai I	16,5	Wind, Onshore
Sudenai	14	Wind, Onshore
Lauksargiai	14	Wind, Onshore
Silale	13,8	Wind, Onshore
Mockiai	12	Wind, Onshore

Tabelle 21: Auflistung der Windparks in Litauen (Quelle: The Windpower, o. J., eigene Darstellung)

Die größten Windparks befinden sich in Silute und Mazeikiai, wobei sich prinzipiell die Leistung der einzelnen Kraftwerkparks im zweistelligen MW-Bereich befindet. Die Analyse der einzelnen Windparks von The Windpower ergibt eine derzeitige Gesamtleistung von rund 300 MW.

### 4.2.5 Biomassekraftwerke

Die geographische Lage Litauens ist sehr günstig für die Versorgung mit Bioenergie:

- Niedrige Bevölkerungsdichte.
- Relativ niedriger Energieverbrauch.
- Fülle an Wäldern und Biomasse.

Abbildung 45 zeigt die zwei wichtigsten KWK-Anlagen, die in dieser Arbeit berücksichtigt wurden.

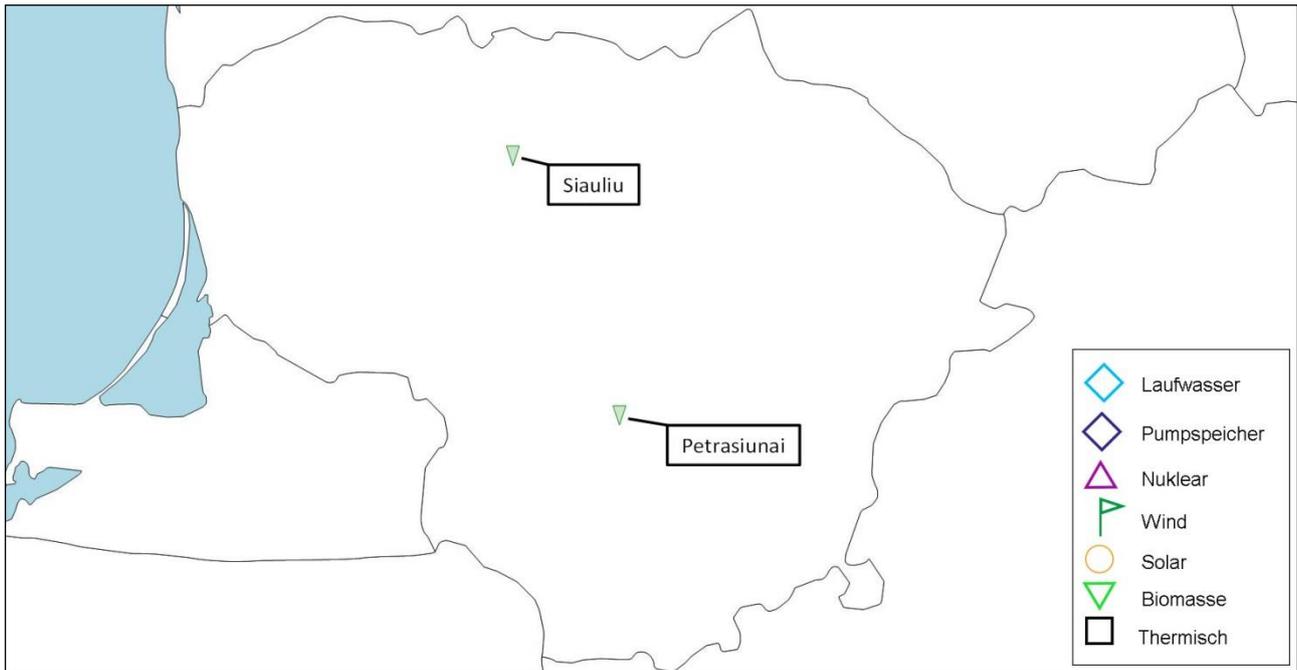


Abbildung 45: Übersicht der Biomassekraftwerke in Litauen (Quelle: Feichtinger, Nischler, Bachhiesl, Stigler, 2015)

Die Kapazität der Anlage in Petrasinai beträgt 25 MW, das Kraftwerk in Siauliu weist eine installierte Leistung von 11 MW auf. (Platts, 2015)

Durch den Betrieb des Kernkraftwerkes in Ignalina spielte bisher die Stromerzeugung aus Biomasse eine untergeordnete Rolle. Zukunftsprognosen zufolge hat Litauen eine gute Grundlagen, um die Kraft-Wärme-Kopplung aus Biomasse auszubauen. Im Vergleich zu anderen Ländern ist in Litauen das zentrale Heizungsnetz gut entwickelt. Das Land ist reich an Biomasse und in der Wirtschaft dominiert der Dienstleistungssektor. (AHK, 2015, S.36)

### 4.2.6 Solaranlagen

Mit Beginn des Jahres 2015 gab es in Litauen rund 2.000 Solarkraftwerke, deren Gesamtleistung um die 70 MW betrug. Der Großteil des Stroms wurde in die Netze eingespeist, da nur einzelne landwirtschaftliche Verbraucher die Energie aus der Sonne zum Eigenbedarf nutzten. Das Interesse der Unternehmen im Bereich der Photovoltaik war hoch, da bis vor kurzem die Rahmenbedingungen und die Förderung der Solarenergie laut dem Erneuerbare-Energie-Gesetz (EEG) in Litauen sehr günstig waren. Jedoch wurden auch hier, aufgrund einiger Gesetzesänderungen die Entwicklung der Solaranlagen eingeschränkt. (AHK, 2015, S.45-46)

Abb. 46 zeigt einen Überblick über die Standorte einiger Solaranlagen.

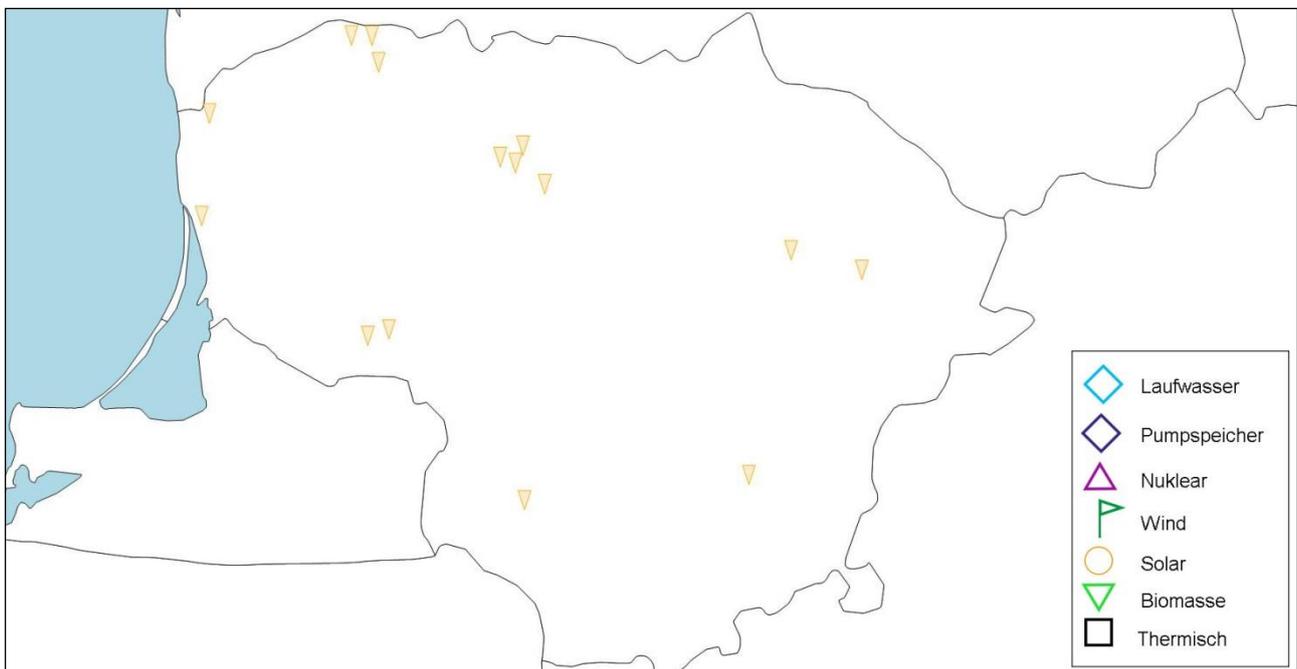


Abbildung 46: Übersicht der Solarkraftanlagen in Litauen (Quelle: Feichtinger, Nischler, Bachhiesl, Stigler, 2015)

Der Großteil der Photovoltaikanlagen befindet sich im nordwestlichen Teil des Landes.

Die größten Photovoltaik-Anlagen mit 2014 waren: (AHK, 2015, S.46)

- Sitkunai Solarenergiepark; 2,56 MW; 10.666 Solarmodule.
- Benaiciai Solarenergiepark; 1 MW.
- Juozapava Solarenergiepark; 995 kW; 4.234 Solarmodule auf einer Fläche von 4,1 ha.
- Trakai Solarenergiepark; 940 kW; 4.000 Solarmodule auf der Fläche von 3,5 ha.

Der Großteil der Photovoltaikanlagen befindet sich im nordwestlichen Teil des Landes.

### 4.2.7 Abfall

Das einzige Kraftwerk in Litauen, das aus der Verbrennung von Müll Energie erzeugt, befindet sich in der Stadt Klaipeda. Abbildung 47 zeigt die Lage des Abfallkraftwerkes, wie sie aus der VISU entnommen wurde.

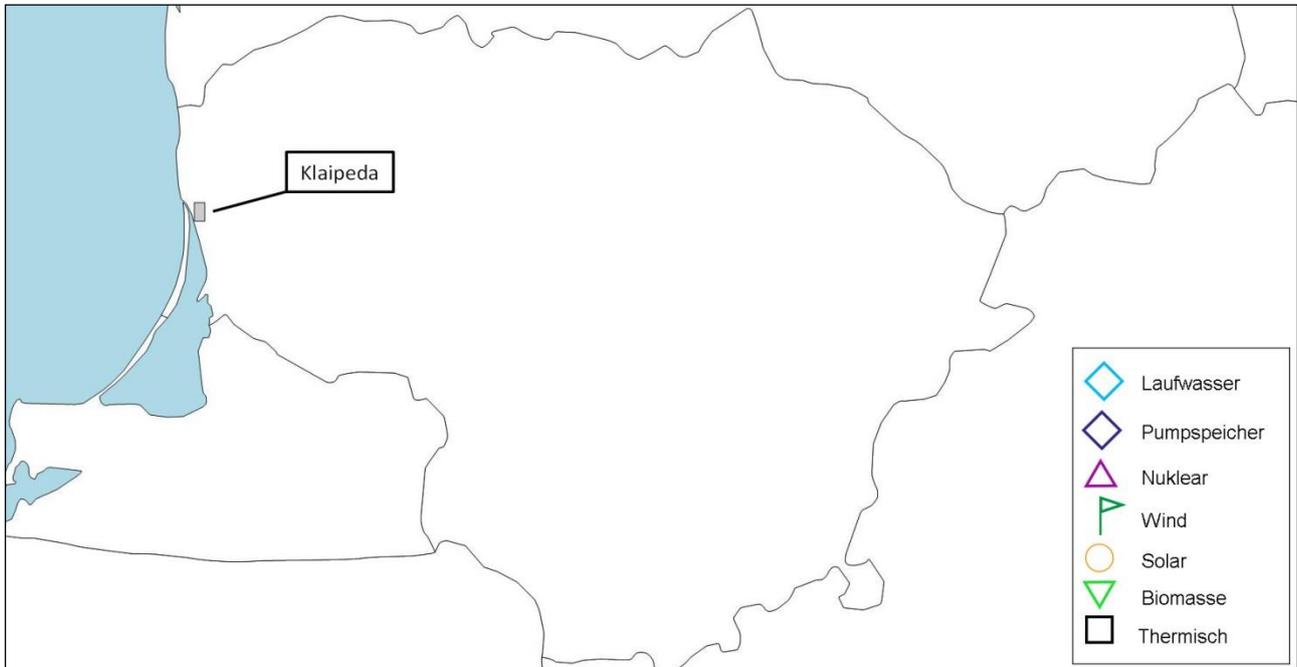


Abbildung 47: Standort des Abfallkraftwerkes in Klaipeda (Quelle: Feichtinger, Nischler, Bachhiesl, Stigler, 2015)

Das Unternehmen Fortum hat im März 2011 mit dem Bau des ersten Kraftwerkes des Landes, das aus der Verbrennung von Müll Energie erzeugt, begonnen. Es befindet sich in der Stadt Klaipeda und versorgt seit 2013 die Anwohner mit Strom und Wärme. Die KWK-Anlage erreicht eine elektrische Leistung von 20 MW und eine thermische Energiekapazität von 50 MW. Die Anlage produziert etwa 140 GWh Strom und 400 GWh Wärme pro Jahr, was etwa 40% des Wärmebedarfs der Stadt abdeckt. Abb. 47 zeigt die Lage des umgerechnet 130 Mio. Euro Projektes. (Fortum, o. J.)

### 4.2.8 Atomkraftwerke

Das einzige Kernkraftwerk der baltischen Staaten war von 1983 – 2009 am Netz und wurde im Rahmen der EU-Beitrittsverhandlungen Litauens aus Sicherheitsgründen stillgelegt. In Abbildung 48 wird der Standort des AKW aufgezeigt.

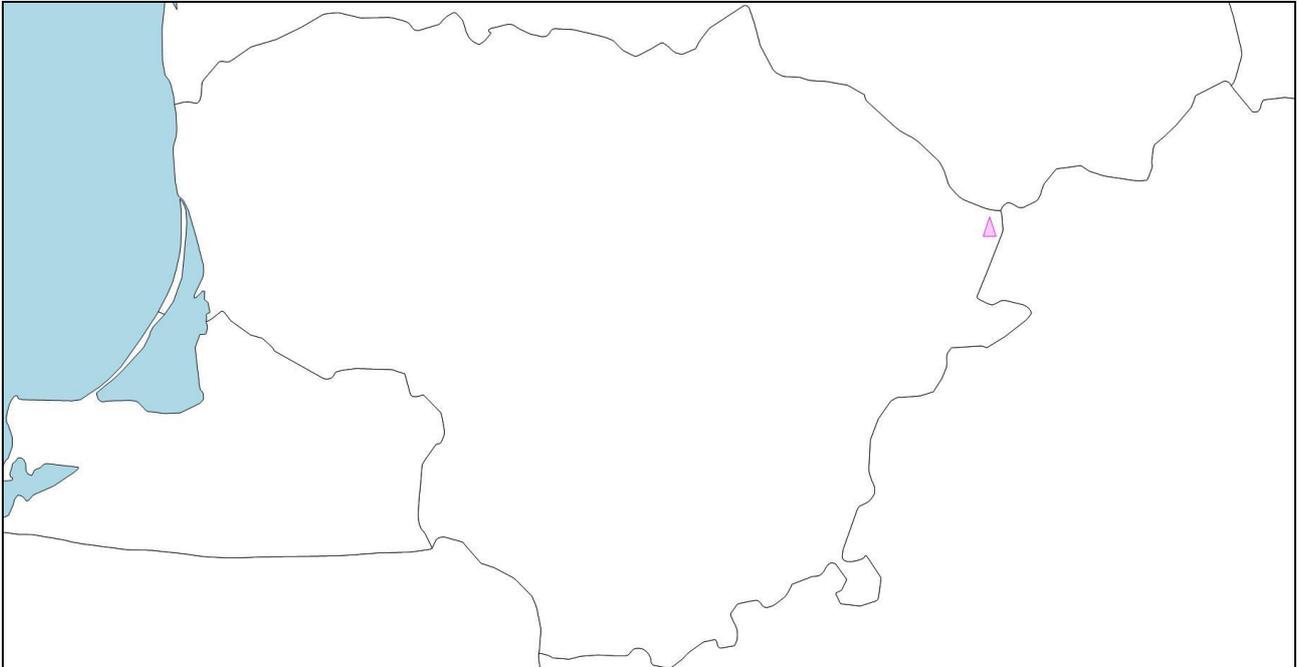


Abbildung 48: Standort des mit 2009 vom Netz gegangenen Atomkraftwerks (Quelle: Feichtinger, Nischler, Bachhiesl, Stigler, 2015)

Nach Angaben des EU Referenzszenario 2016 ist eine Wiederaufnahme des Betriebs des AKW für 2030 geplant. Der neue Erzeugungsblock soll mit einer Nennleistung von rund 1.117 MW ans Netz gehen.

### 4.2.9 Entwicklung des Kraftwerksparks

In Tabelle 22 ist die Entwicklung der Energieproduktion in Litauen bis zum Jahre 2050 veranschaulicht.

Jahr	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
<b>Nettoerzeugungskapazität [MW]</b>	<b>3.443</b>	<b>2.424</b>	<b>2.336</b>	<b>3.263</b>	<b>3.048</b>	<b>2.939</b>	<b>2.764</b>	<b>3.282</b>
Kernenergie	0	0	0	1.117	1.117	1.117	1.117	1.117
<b>Erneuerbare Energien</b>	<b>614</b>	<b>614</b>	<b>657</b>	<b>657</b>	<b>657</b>	<b>670</b>	<b>979</b>	<b>1.503</b>
Wasser	116	116	116	116	116	128	152	286
Wind	424	424	467	467	467	468	754	1.144
Sonne	74	74	74	74	74	74	74	74
Sonstige	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Thermische Kraftwerke</b>	<b>2.829</b>	<b>1.810</b>	<b>1.679</b>	<b>1.489</b>	<b>1.274</b>	<b>1.152</b>	<b>668</b>	<b>661</b>
KWK	1.799	578	1.096	965	745	686	648	655
Feststoffe	0	0	0	0	0	0	0	0
Gas	1.992	1.521	1.521	1.350	1.122	994	501	495
ÖL	770	200	48	0	0	0	0	0
Biomasse	67	90	110	139	152	159	167	166
Durchschnittliche Auslastung der Erzeugungskapazitäten [%]	15,0	26,0	38,5	47,8	53,7	56,1	63,2	58,3
Anteil KWK an Bruttostromerzeugung [%]	45,5	51,9	43,0	18,0	20,6	20,4	19,5	18,1
Anteil Erneuerbare Energien an Bruttostromerzeugung [%]	36,6	32,6	25,3	81,0	78,0	78,4	79,9	81,7

Tabelle 22: Entwicklung des litauischen Kraftwerksparks von 2015-2050 (Quelle: EU-RS, 2016, eigene Darstellung)

Auch in Litauen liegt der Fokus laut dem EU-Referenzszenario 2016 auf dem Ausbau der erneuerbaren Energien, und zwar in Form von Windenergie. Quasi eine Verdreifachung der Windkraftleistung, soll den Anteil der erneuerbaren Energien bis 2050 auf bis zu 80% der Stromerzeugung ansteigen lassen. Ein neues Kernkraftwerk soll ab 2030 den Platz der stillgelegten Produktionsanlage in Ignalinos einnehmen und so wieder die Kapazität des Landes vor der Stilllegung zu ermöglichen. Dem Ausbau der Photovoltaikanlagen soll keine Beachtung geschenkt werden.

### 4.3 Das Elektrizitätsnetz

Der unabhängige ÜNB in Litauen ist das Unternehmen Litgrid AB. Es gewährleistet die Stabilität des Stromnetzes, steuert Leistungsflüsse und ermöglicht den Wettbewerb auf einem offenen inländischen Strommarkt. Ebenso fällt die Integration des nationalen Stromnetzes in die europäische Strominfrastruktur und den Strommarkt in den Zuständigkeitsbereich des Unternehmens. Die Spannungsebene des ÜN beträgt auch hier, gleich wie in den beiden anderen baltischen Staaten, 330 kV. Die 330 kV Spannungsebene besteht aus 16 Umspannwerken die durch 1.761 km lange Freileitungen miteinander verbunden sind. (Litgrid, o. J.)

Abbildung 49 zeigt das Übertragungsnetz in Litauen, wie es in der VISU dargestellt wird.

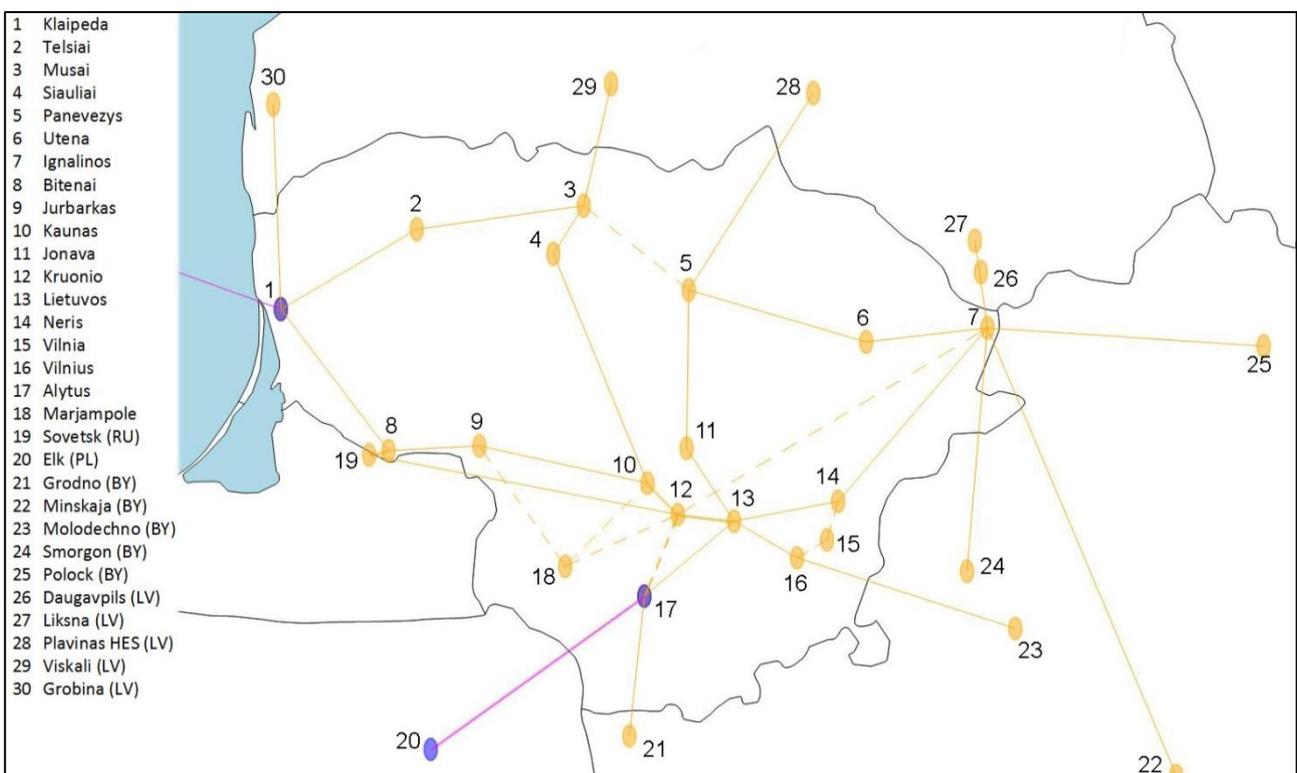


Abbildung 49: Übertragungsnetz in Litauen (Quelle: Feichtinger, Nischler, Bachhiesl, Stigler, 2015)

Man erkennt die vielen Verbindungsleitungen, welche die Leistungsflüsse mit den unterschiedlichen Nachbarstaaten ermöglichen. Im Norden ist man durch 4 Leitungen mit Litauen verbunden, welche bereits in Kapitel 3.3 erläutert wurden. Die Verbindungen mit Weißrussland sind durch folgende 5 Leitungen realisiert:

- Alytus (17) ---- Grodno (21)
- Vilnius (16) ---- Molodechno (23)
- Ignalinos (7) ---- Smorgon (24)
- Ignalinos (7) ---- Minskaja (22)
- Ignalinos (7) ---- Polock (25)

Eine 330 kV Freileitung zwischen Bitenai und Sovetsk verbindet die russische Exklave Kaliningrad mit Litauen. Die in violett gekennzeichnete HGÜ-Leitung von Klaipeda nach Schweden ist Voraussetzung für den gemeinsamen baltisch-nordischen Strommarkt. Das mit Ende 2015 in Betrieb genommene Unterwasserseekabel ermöglicht den Import elektrischer Energie aus den nordischen Staaten und somit eine Unabhängigkeit Russlands.

Diese wichtige HGÜ-Verbindung ist durch folgende technische Daten gekennzeichnet: (Litgrid, o. J.)

- Gesamtlänge von 453 km.
- Leistungskapazität von 700 MW.
- Betriebsspannung von 300 kV.

Fast noch wichtiger ist die Verbindungsleitung zwischen dem Umspannwerk in der Stadt Alytus (17) und jenem in der Stadt Elk (20) in Polen, welche als LitPollink bekannt ist. Die mit Ende 2015 in Betrieb genommene Leitung ist in HGÜ-Technik ausgeführt und verbindet erstmals die Infrastruktur der baltischen Staaten mit jener der westeuropäischen Infrastruktur. Folgende Daten sind für die LitPollink Verknüpfung von Interesse: (Litgrid, o. J.)

- Gesamtlänge von 163 km.
- Leistungskapazität von 500 MW.
- Betriebsspannung von 400 kV.

Um die Integration des südlichsten Staats des Baltikums in das europäische Stromnetz bestmöglich zu verwirklichen, sind weitere Erweiterungen im eigenen Stromnetz nötig, die im TYNDP des ÜNB von 2014 – 2023 festgelegt sind. Der Plan enthält die wichtigsten strategischen Projekte wie den Bau eines neuen Kernkraftwerks, die Integration in den nordischen Elektrizitätsmarkt, sowie die Synchronisation mit dem europäischen Stromnetz. Der Bau dieser strategischen Projekte soll in folgenden zwei Phasen erfolgen: (Litgrid, o. J.)

- Phase 1 (2014 – 2016):
  - Die bereits erfolgte Inbetriebnahme der beiden HGÜ-Leitungen NordBalt und Litpollink mit 2015.
  - Inbetriebnahme der neuen 330 kV Freileitungen zwischen Klaipeda (1) und Telsiai (2) im Jahr 2015.
  - Bau einer neuen 330 kV Freileitungen zwischen Alytus (17) und Kruonio (12) welche für Ende 2016 geplant ist.
- Phase 2 (2017 – 2023):
  - Modernisierung der Kraftwerksautomation.

- Bau der nötigen BTB-Konverter Stationen für die Übertragungsleitungen mit Russland und Weißrussland.
- Inbetriebnahme des Umspannwerks Musai (3), sowie der dazugehörigen Verknüpfung mit Panevezys (5).
- Bau eines Umspannwerks in Vilnia (15) mit den dazugehörigen Verbindungsleitungen zu Neris (14) bzw. Vilnius (16).
- Bau einer Freileitung, welche ein mögliches neues Atomkraftwerk in Ignalina mit dem Pumpspeicherkraftwerk Kruonis verbindet.
- Bau eines Umspannwerks in Marjampole (18) und die dazu nötigen Leitungsanpassungen.

Die maximalen NTC-Werte für Litauen sind in Tabelle 23 gegeben.

Von-Nach	NTC [MW]
LT → LV	684
LV → LT	1.234
LT → BY	1.350
BY → LT	1.800
LT → SE	700
SE → LT	700
LT → RU	680
RU → LT	600
LT → PL	500
PL → LT	500

Tabelle 23: Maximale NTC-Werte für Litauen (Quelle: ENTSO-E, 2016, eigene Darstellung)

Der maximale NTC-Wert von Litauen nach Weißrussland beträgt beispielweise 1.350 MW, im Vergleich dazu liegt dieser Wert in Umkehrrichtung bei 1.800 MW. Die NTC-Werte zwischen Polen und Litauen liegen hingegen nur bei 500 MW.

## 4.4 Die Verbraucherseite

In diesem Kapitel wird die Verbrauchsaufteilung auf die jeweiligen Netzknoten analysiert.

### 4.4.1 Überblick

Der Stromendverbrauch belief sich im Jahr 2014 auf 6.582 GWh und ist im Vergleich zum Vorjahr minimal angestiegen. In Tabelle 24 ist die Strombilanz Litauens von 2009-2014 dargestellt.

	2009	2010	2011	2012	2013	2014
<b>Bruttostromerzeugung [GWh]</b>	15.358	5.749	4.822	5.043	4.762	4.397
<b>(-) Eigenverbrauch der Kraftwerke [GWh]</b>	3.086	2.418	2.109	1.858	1.881	1.968
<b>(+) Importe [GWh]</b>	4.783	8.174	8.086	8.060	8.073	8.521
<b>(-) Exporte [GWh]</b>	7.715	2.184	1.347	1.441	1.127	898
<b>(-) Verluste [GWh]</b>	969	989	872	883	872	815
<b>(-) Stromverbrauch [GWh]</b>	8.371	8.332	6.191	6.848	6.576	6.583
...Industrie	2.430	2.654	2.768	2.908	2.986	3.119
...Transport	77	76	74	75	74	63
...Privathaushalte	2.725	2.590	2.618	2.642	2.591	2.656
...Gewerbe und Dienstleistungen	2.955	2.839	2.953	3.114	3.130	3.218
...Landwirtschaft	179	171	164	179	171	177
...Fischerei	5	2	3	3	3	4

Tabelle 24: Strombilanz 2009-2011 Litauens (Quelle: IEA, o.J., eigene Darstellung)

Die Verbrauchschwerpunkte verlagern sich größtenteils auf die Dienstleistungen, die Privathaushalte, sowie die Industrie. Die Bereiche des Transports, der Landwirtschaft und der Fischerei nehmen einen kleinen Anteil am Gesamtenergieverbrauch. Die Aufteilung des Verbrauchs aus dem Jahr 2014 auf die einzelnen Bereiche ist in Abbildung 50 graphisch dargestellt.

Die Aufteilung des Verbrauchs aus dem Jahr 2014 auf die einzelnen Bereiche ist in Abbildung 50 nochmals graphisch dargestellt.

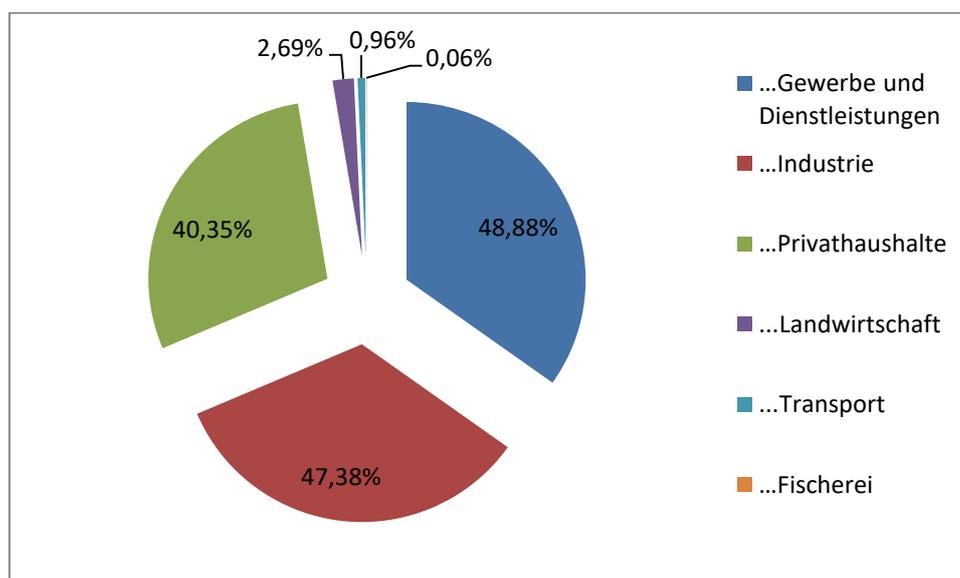


Abbildung 50: Stromverbrauch der unterschiedlichen Sektoren in Litauen 2014 (Quelle: IEA, o.J., eigene Darstellung)

Fast die Hälfte des benötigten Stroms wird von den Branchen des Gewerbes und den Dienstleistungen benötigt. Die andere Hälfte teilt sich jeweils zu etwa einem Viertel auf die Bereiche der Industrie und den Privaten Haushalten auf.

#### 4.4.2 Bevölkerungsverteilung

Abbildung 51 veranschaulicht die Zuteilung der Gebiete Lettlands zur NUTS 3 Ebene. Grundsätzlich wird Litauen in zehn NUTS 3 Regionen unterteilt.

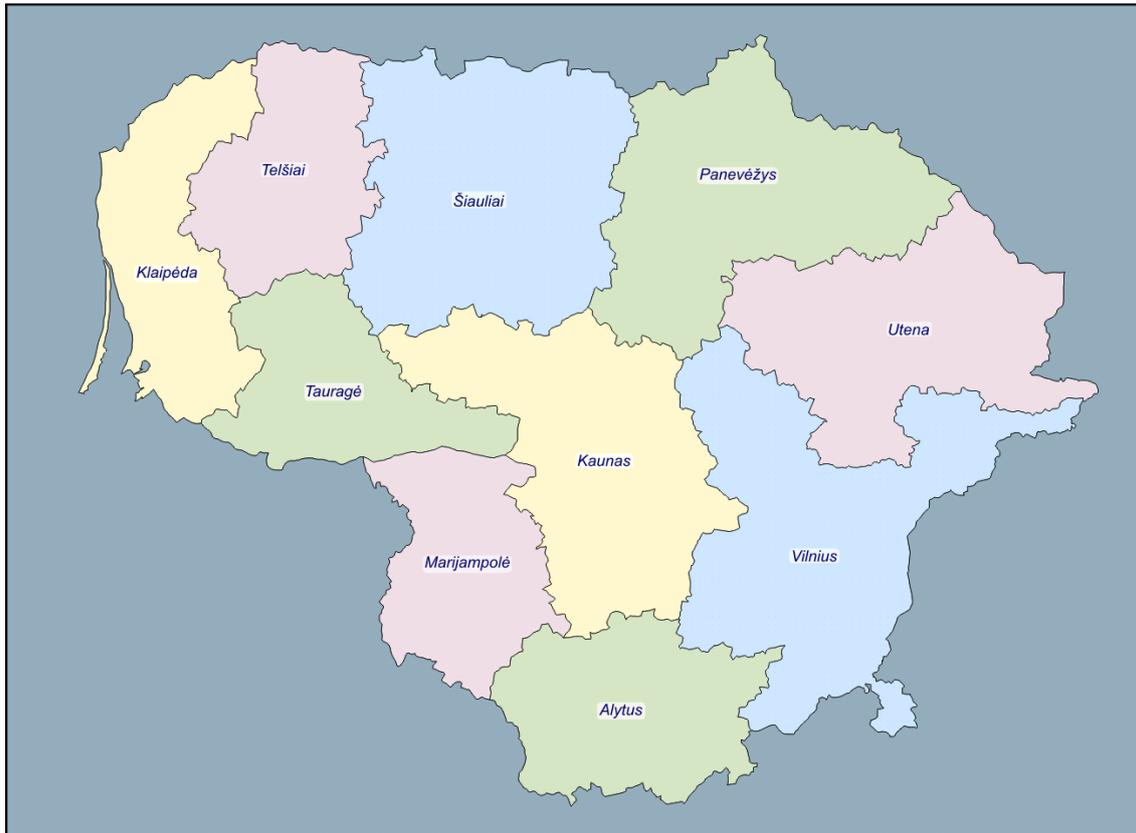


Abbildung 51 : NUTS 3-Ebenen in Litauen (Quelle: d-maps, 2015)

Die einzelnen Gebiete sind folgendermaßen zur NUTS 3 Ebene zugeordnet: (NSD, o. J.)

- LT001 Alytaus
- LT002 Kauno
- LT003 Klaipedos
- LT004 Marijampoles
- LT005 Panevezio
- LT006 Siauliu
- LT007 Taurages
- LT008 Telsiu
- LT009 Utenos
- LT00A Vilniaus

Tabelle 25 zeigt die wichtigsten Daten der einzelnen statistischen Regionen

NUTS Code	Region	Fläche [km <sup>2</sup> ]	Einwohner	Energieverbrauch [GWh]	Bevölkerungsdichte [Einw./km <sup>2</sup> ]
LT001	Alytaus	5.418	147.809	333	27
LT002	Kauno	8.086	583.047	1.314	72
LT003	Klaipedos	5.222	327.300	738	63
LT004	Marijampoles	4.466	151.793	342	34
LT005	Panevezio	7.878	235.394	530	30
LT006	Siauliu	8.537	281.632	635	33
LT007	Taurages	4.409	103.083	232	23
LT008	Telsiu	4.349	143.511	323	33
LT009	Utenos	7.191	140.170	316	19
LT00A	Vilniaus	9.730	807.523	1.820	83

Tabelle 25 : Statistiken zu den NUTS Regionen (Quelle: OSP, 2015)

Die Region Vilniaus ist die flächenmäßig größte Region Litauens, hat die meisten Einwohner und somit den höchsten Energieverbrauch des Landes. Die Region Kaunas weist mit 72 Einwohnern/km<sup>2</sup> die zweitgrößte Bevölkerungsdichte auf. Der westliche Teil des Landes hingegen ist geringer besiedelt und weist gleichzeitig auch einen geringeren Stromverbrauch auf.

#### 4.4.3 Verbrauchsschwerpunkte

In Abbildung 52 sind die Verbrauchsschwerpunkte des Landes, wie sie in ATLANTIS ausgewertet wurden, graphisch veranschaulicht.

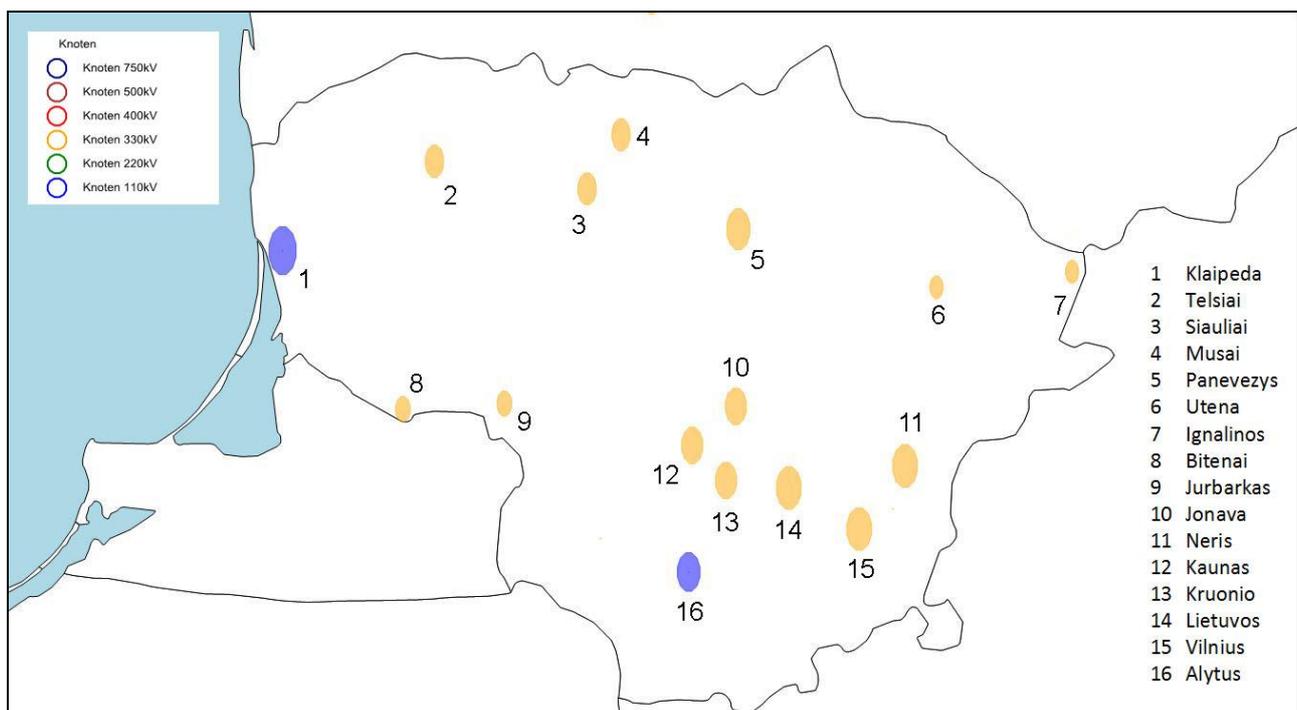


Abbildung 52: Verbrauchsschwerpunkte in Litauen (Quelle: Feichtinger, Nischler, Bachhiesl, Stigler, 2015)

Man erkennt, dass die Verbrauchsschwerpunkte bei der Hauptstadt Vilnius, sowie den Städten Klaipeda und Alytus liegen.

Auch für die Verbrauchsaufteilung auf die einzelnen Netzknoten in Litauen wurde der Stromverbrauch des Landes für 2014 herangezogen, welcher bei 6.583 GWh liegt (IEA, o. J.), dann durch die Bevölkerung des Landes (Kap. 4.1.1) dividiert, um den Stromverbrauch pro Person zu erhalten. Dieser Wert wurde jeweils mit der Anzahl der Bevölkerung der unterschiedlichen Nuts 3 Regionen multipliziert um den Verbrauch pro Nuts Ebene zu ermitteln, welcher aus Tabelle zu entnehmen ist. Der jeweilige Energiekonsum der einzelnen Regionen wurde wiederum mit Hilfe der Lage der Umspannwerke, sowie der geographischen Beschaffenheit der Standorte auf die unterschiedlichen Netzknoten des Landes verteilt.

## 4.5 Der Elektrizitätsmarkt

Dieses Kapitel beschreibt den Aufbau, die Funktionsweise und die Ausrichtung des Energiemarktes in Litauen.

### 4.5.1 Gesetzliche Rahmenbedingungen

Der Energiesektor in Estland ist durch folgende Gesetze festgelegt: (AHK, 2015, S.29)

- Das Energiegesetz vom 16. Mai 2002 ist die Grundlage für die Regelung aller Aktivitäten im litauischen Energiesektor. Es beinhaltet die Entwicklung und die Regulierung des Energiesektors sowie die Verantwortlichkeiten bei Klagen und Beschwerden.
- Das Elektrizitätsgesetz bildet die Grundlage für den litauischen Strommarkt. Es regelt die gemeinsamen Prinzipien des Stromsektors sowie die Aktivitäten der Stromunternehmen und deren Umgang mit den Kunden.
- Das Erdgasgesetz regelt die Prinzipien des Gassektors sowie die Aktivitäten der Gasbetriebe und deren Beziehungen mit den Kunden. Der Gassektor beinhaltet Erzeugungs-, Lieferungs-, Transport- und Verteilungsunternehmen.
- Das Gesetz der Wärmewirtschaft regelt die Tätigkeit von Unternehmen in diesem Bereich und ihre Beziehungen zu Kunden.
- Das Erneuerbare-Energie-Gesetz legt die Verwaltung, Reglementierung, Aufsicht und Kontrolle sowie rechtliche Rahmenbedingungen im Bereich der Nutzung erneuerbarer Energien durch die Energieproduzenten und Netzbetreiber in Litauen fest.

### 4.5.2 Relevante Marktakteure

Die gesamte **Stromproduktion** in Litauen erfolgt durch die “Lietuvos Energija group“. Dabei handelt es sich um eine staatlich kontrollierte Unternehmensgruppe, die aus mehreren Unternehmen besteht. Dazu zählen unter anderem: (LE, o.J.)

- Lietuvos Energijos Gamyba AB
- ESO
- UAB EnePRO
- UAB NT Valdys
- UAB Energijos tiekimas

Der **ÜNB** in Litauen ist das Unternehmen "Litgrid AB". Einige wichtige Aufgabenbereiche sind dabei: (Litgrid, o.J.)

- Gewährleistung der Versorgungssicherheit und Stabilität des Übertragungsnetzes.
- Regulierung des Lastflusses.
- Integration des nationalen Netzes in das EU-System.
- Netzentwicklungspläne.

Die Nationale Kommission für Energiekontrolle und Preise (NCC) ist eine unabhängige nationale **Regulierungsbehörde** und hat zur Aufgabe, die Tätigkeiten der Unternehmen im Bereich der Energie zu regulieren und den staatlichen Energiesektor zu überwachen. (NCC; o.J.)

Der dominierende **VNB** in Litauen ist das Unternehmen "Energijos Skirstymo Operatorius AB" (ESO), welches am 1. Januar 2016 aus den beiden Unternehmen "Lesto AB" und "Lietuvos dujos" gegründet wurde. ESO wird vom größten Energieunternehmen des Landes, "Lietuvos Energija", kontrolliert. Die Schwerpunkte seines Aufgabenbereiches sind die Stromversorgung und -verteilung, Wartung und Entwicklung der Verteilernetze, sowie Zuverlässigkeit der Energieverteilung. (ESO, o.J.)

Weiter relevante Ministerien und Agenturen im Energiesektor sind: (AHK, 2015, S.15)

- Das **Energieministerium** setzt die staatliche Energiepolitik um und ist für die internationale Zusammenarbeit im Energiesektor zuständig. Einige seiner Aufgabenbereiche sind die Festlegung der Vorschriften für die Übergabe, die Verteilung und den Verbrauch von Energie und Energieressourcen.
- Das **Umweltministerium** ist neben dem Umweltschutz auch für Gestaltung des Programms für die Förderung erneuerbarer Energien zuständig. Es führt eine Überwachung über Umweltauswirkungen in zunehmend belasteten Bereichen des Energiesektors durch und legt Qualitätsstandards für bereits genutzte und künftig zu verwendende Energieträger fest.
- Die staatliche **Energieagentur** wurde vom Wirtschaftsministerium gegründet und hat unter anderem die Verbesserung der Energieeffizienz sowie die Entwicklung von Energiesparprogrammen zur Aufgabe.
- Die staatliche **Energieinspektion** des Wirtschaftsministeriums ist für die staatliche Kontrolle der Energieanlagen zuständig, mit dem Ziel deren Sicherheit zu garantieren.

### 4.5.3 Funktionsweise Strommarkt

Die Funktionsweise des Strommarktes kann aus Kapitel 2.5.3 übernommen werden.

### 4.5.4 Strompreis

Die Strompreise in Litauen stiegen mit der Auflösung der Sowjetunion stark an, was auf den Wechsel des Preissystems zu einem System aus Marktpreisen unter staatlicher Reglementierung zurückzuführen ist. Mit dem Jahresbeginn 2010 nahm die litauische Börse BaltPool ihre Tätigkeit auf, welche dann im Sommer 2012 vollständig in die Nord Pool Spot integriert wurde. Seit dem Sommer 2013 ist auch Lettland Mitglied dieser Strombörse und es gelten für alle Kunden die Marktpreise. (AHK, 2015, S.22-23)

Abbildung 53 veranschaulicht die Zusammensetzung des Strompreises für den Endkunden.

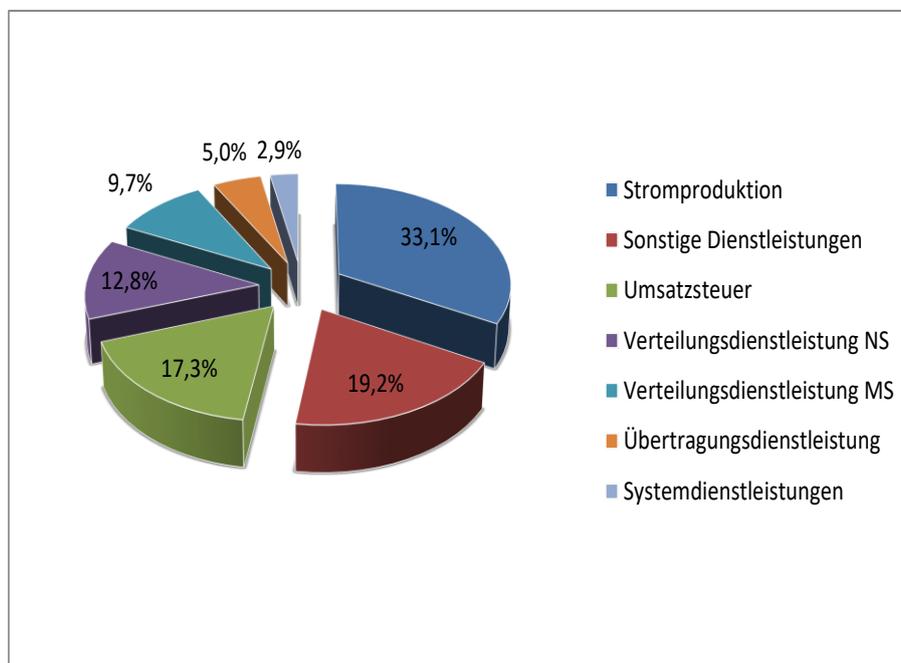


Abbildung 53: Zusammensetzung des Strompreises für den Endkunden in Litauen (Quelle: AHK, 2015, S.23-24, eigene Darstellung)

Der Endbetrag setzt sich aus dem Preis für die Stromerzeugung, der Umsatzsteuer, einigen Dienstleistungen, sowie der Durchleitungsgebühr für die Nutzung des Übertragungs- bzw. Verteilernetzes, zusammen. Die Kosten für die eigentliche Stromproduktion betragen auch in Lettland nur rund 1/3 des Gesamtpreises.

Der Strompreis für Haushaltskunden lag 2015 im ersten Halbjahr bei 12,6 Euro-Cent/kWh, für gewerbliche Kunden bei 9,9 Euro-Cent/kWh. (Eurostat, 2016)

## 5 Simulation

In diesem Kapitel, werden die in den vorherigen Kapiteln analysierten Daten, mit Hilfe des Simulationsprogramms ATLANTIS des Instituts für Elektrizitätswirtschaft und Energieinnovation der TU Graz, ausgewertet. Mit Hilfe von ATLANTIS wurde ein Modell erstellt, welches unterschiedliche Szenarien des Baltikums bis 2030 darstellt und u. a. die Wirkung der Integration des Elektrizitätsnetzes der baltischen Staaten, in jenes von Europa simuliert.

### 5.1 Simulationsmodell

“Das Simulationsmodell ATLANTIS wurde entwickelt, um basierend auf Szenario Analysen wissenschaftlich fundierte Aussagen treffen zu können und mit diesem Erkenntnisgewinn einen entsprechenden Beitrag zur gedeihlichen Entwicklung der europäischen Energie- und Elektrizitätswirtschaft zu leisten“ [IEE, o.J.]

Abbildung 54 gibt einen Auszug aus dem bestehenden Kraftwerkspark der ATLANTIS Datenbank.

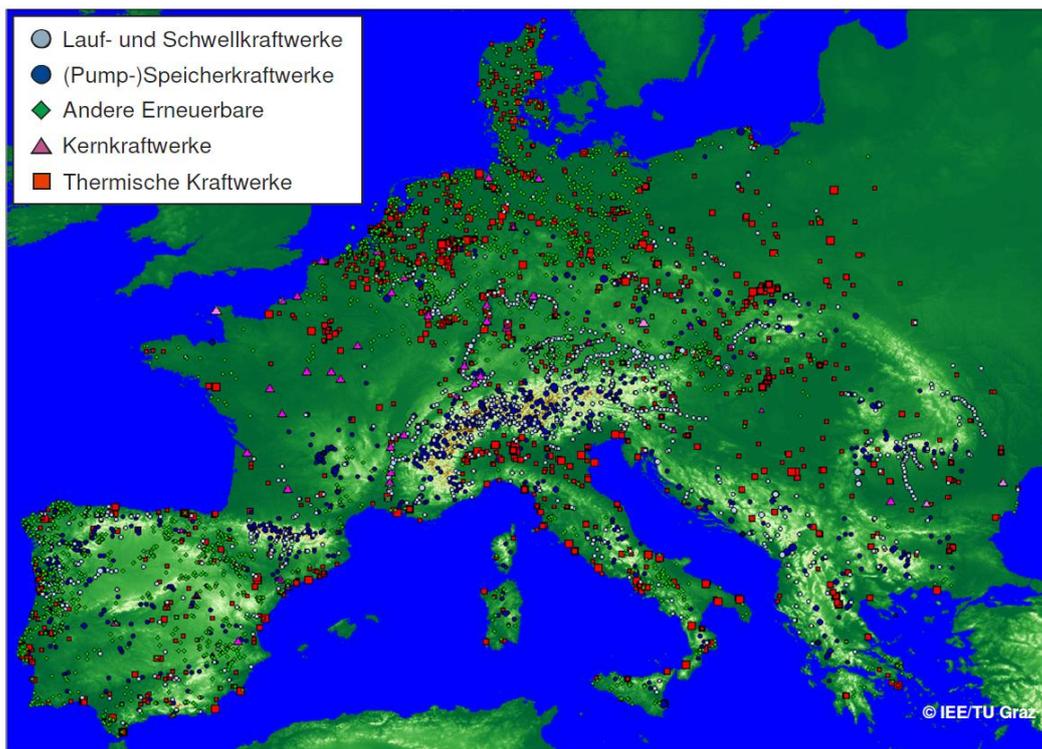


Abbildung 54: Übersicht des Kraftwerksparkes in Europa, ATLANTIS Datenbank (Quelle: Gutsch, Stigler, 2012, S.5)

Das Modell bildet die gesamte Elektrizitätswirtschaft im UCTE-Gebiet mit ihren grundlegenden Gegebenheiten und Systemzusammenhängen ab. Die wichtigsten Bereiche von ATLANTIS sind der Kraftwerkspark, das übergeordnete europäische VN (400/220-kV-Ebene), sowie der regionalisierte Bedarf der Endkunden. (IEE, o.J.)

Als Basisjahr ist in ATLANTIS das Jahr 2006 festgelegt, es gilt als Ausgangsjahr für alle geplanten Simulationen. Die Datenbank des Simulationsmodelles beinhaltet zurzeit folgende Bereiche: [IEE, o.J.]

- 4.400 Leitungen/Transformatoren.
- 2.400 Netzknoten.
- 5.000 Kraftwerke (27 unterschiedliche Typen).
- 100 größte Elektrizitätsunternehmen (GuV, Bilanz).

Der Simulationsablauf in ATLANTIS ist in Abbildung 55 veranschaulicht.

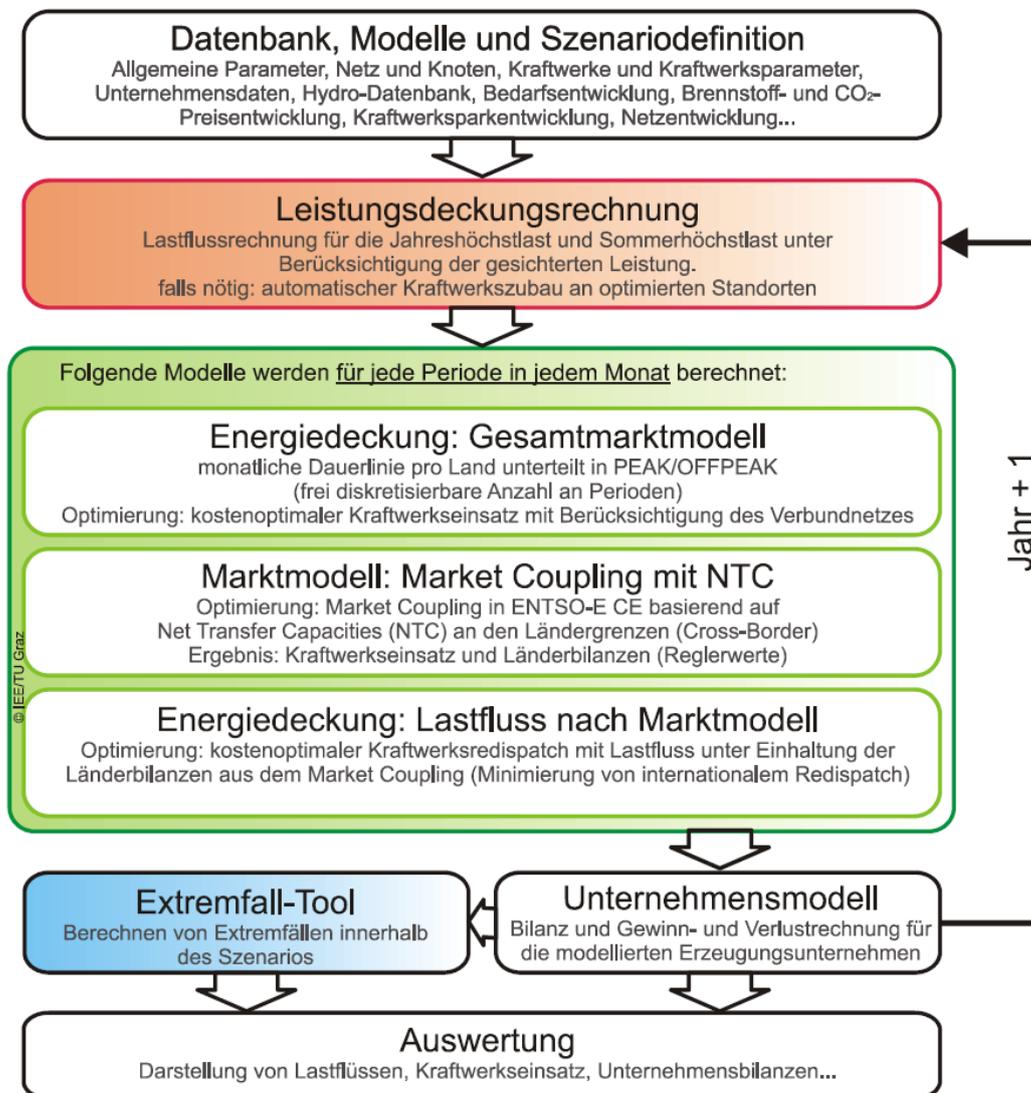


Abbildung 55: Simulationsablauf in ATLANTIS (Quelle: Gutschi, Stigler, 2012, S.16)

Prinzipiell können folgende Untersuchungen durchgeführt werden: [IEE, o.J.]

- Entwicklung regionaler Strompreise.
- Quantifizierung des volkswirtschaftlichen Nutzens von Leitungs- und Kraftwerksbauten.
- Infrastrukturentwicklung.
- Szenario Analysen für die Integration Erneuerbarer Energien.
- Systemgrenzkosten Erneuerbarer Energien.
- Stresstests zur Simulation von Energieverknappungen.
- Wirkungen von Power-Demand-Side-Management.
- Uvm.

## 5.2 Berücksichtigte Szenarien

Wie im Kapitel 5.1 beschrieben, müssen zur Realisation des Simulationsmodells in ATLANTIS sehr genaue Recherchen durchgeführt werden und die Ergebnisse in unterschiedlichen Datenbanken gesammelt werden. Unter anderem wurden folgende Kenndaten für die baltischen Staaten ermittelt:

- Kraftwerkspark inklusive Georeferenzierung, aller Leistungsangaben sowie technischer Kenndaten.
- Umspannwerke inklusive Georeferenzierung und Verbrauchsgewichtung.
- Leitungsdaten inklusive ihrer Länge und Werte der Leitungselemente.
- Brennstoffpreise, sowie deren Emissionswerte.
- Heizgradtage.
- Stromverbrauch, Pumparbeit, sowie Regelreserven.
- NTC-Werte.
- Stündlicher Lastgang.

Für die Integration der unterschiedlichen Datenbanken in ATLANTIS, wurden die Daten des Baltikums zu der bestehenden Datenbank des Institutes ergänzt und somit ein Gesamtmarktmodell erstellt. Im Simulationsmodell wurden folgende Szenarien berücksichtigt:

1. Außerbetriebnahme des Atomkraftwerkes Ignalina in Litauen im Jahr 2009.
2. Anschluss des Baltikums an das ECN bzw. an das VN der nordischen Länder im Jahr 2016.
3. Entwicklung des physikalischen Lastflusses für das Jahr 2020.
4. Geplante Synchronisation mit dem ECN und gleichzeitige Desynchronisation vom IPS/UPS im Jahr 2025.

In dieser Arbeit werden für die genannten Szenarien der physikalische Lastfluss bzw. die Lastflussdifferenzen, sowie der damit verknüpfte Kraftwerkseinsatz, aufgezeigt. Die von ATLANTIS gelieferten Lastflussergebnisse konnten wiederum mittels VISU schnell und einfach graphisch dargestellt werden. Des Weiteren wurden für die Länder um Schweden, Norwegen, Finnland, Russland

und Weißrussland sogenannte Ersatznetze realisiert, da diese Länder noch nicht in ATLANTIS integriert sind. Zu den Knoten der jeweiligen Länder wurden zusätzlich bestehende Kraftwerke hinzugefügt, die in das Netz einspeisen, um eine realitätsgetreuere Nachbildung verwirklichen zu können.

### 5.2.1 Szenario 1: Stilllegung des Kernkraftwerks Ignalina in Litauen im Jahre 2009

Einen enormen Umschwung auf dem lettischen Energiemarkt, brachte die Stilllegung des Kernkraftwerks Ignalina mit Jahresende 2009. Nahezu über Nacht wurde man von einem Stromexportland, zu einem Land, das von Stromimporten aus den Nachbarstaaten abhängig ist. Die Stromproduktion im Jahr 2010 sank auf rund ein Drittel im Vergleich zum Vorjahr (vgl. Kap. 4.2.1). Die von ATLANTIS gelieferten Lastflussergebnisse für die jeweilige Jahreshöchstlast, sind mittels VISU in Abbildung 56 graphisch dargestellt.

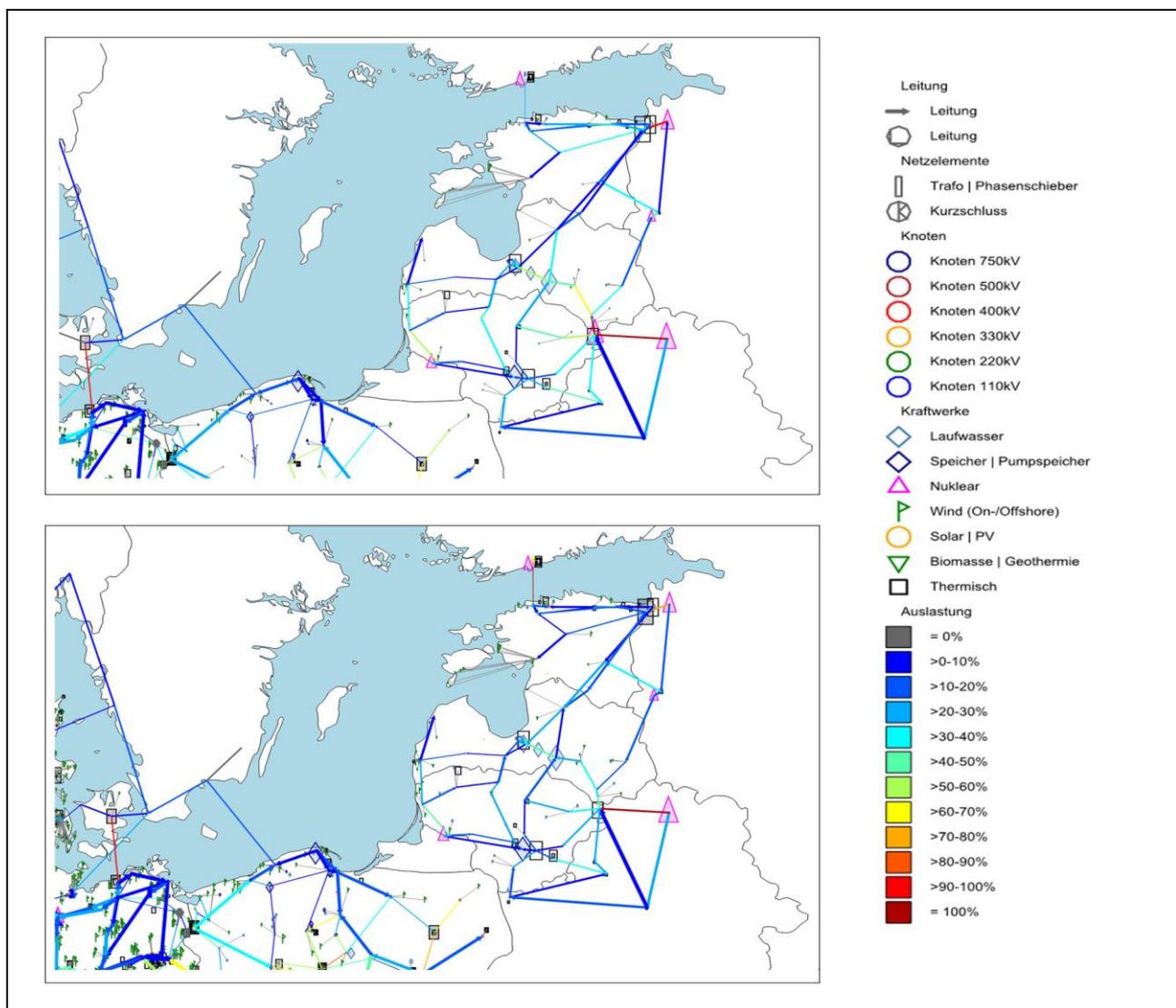


Abbildung 56: Oben: Lastfluss bzw. optimaler Kraftwerkseinsatz des Baltikums bei Betrieb des Kernkraftwerks Ignalina in Litauen 2009; unten: Kongruent dazu das Jahr 2010 bei Außerbetriebnahme des AKW (Quelle: Feichtinger, Nischler, Bachhiesl, Stigler, 2015)

Der obere Bereich von Abbildung 56 zeigt den optimalen Kraftwerkseinsatz und den daraus resultierenden Lastfluss aus dem Jahr 2009, als das AKW in Litauen standartmäßig noch in Betrieb war. Die Leitungen sind in Form von Pfeilen abgebildet, welche die Richtung des Lastflusses signalisieren und sich durch die Farbgebung unterscheiden. Der Pfeil liefert die Flussrichtung auf einer bestimmten Leistung, die Farbe eine in 12-Stufen abgebildete Leitungsauslastung. Die untere Hälfte zeigt den Kraftwerkseinsatz und den Verlauf des Lastflusses für das Jahr 2010, in dem das AKW nicht mehr am Netz war. Ob ein Kraftwerk fährt oder stillsteht ist durch die Füllung des jeweiligen Kraftwerkstyps bestimmt, heißt bei gefülltem Symbol ist das jeweilige Kraftwerk in Betrieb. Die genauen Auswirkungen der Stilllegung des AKW aus der Gegenüberstellung in Abbildung 56, lassen sich mit Hilfe der Differenzen-Darstellungen zeigen. Abbildung 57 zeigt die Differenzen des Kraftwerkseinsatzes nach der Stilllegung des AKW in Litauen.

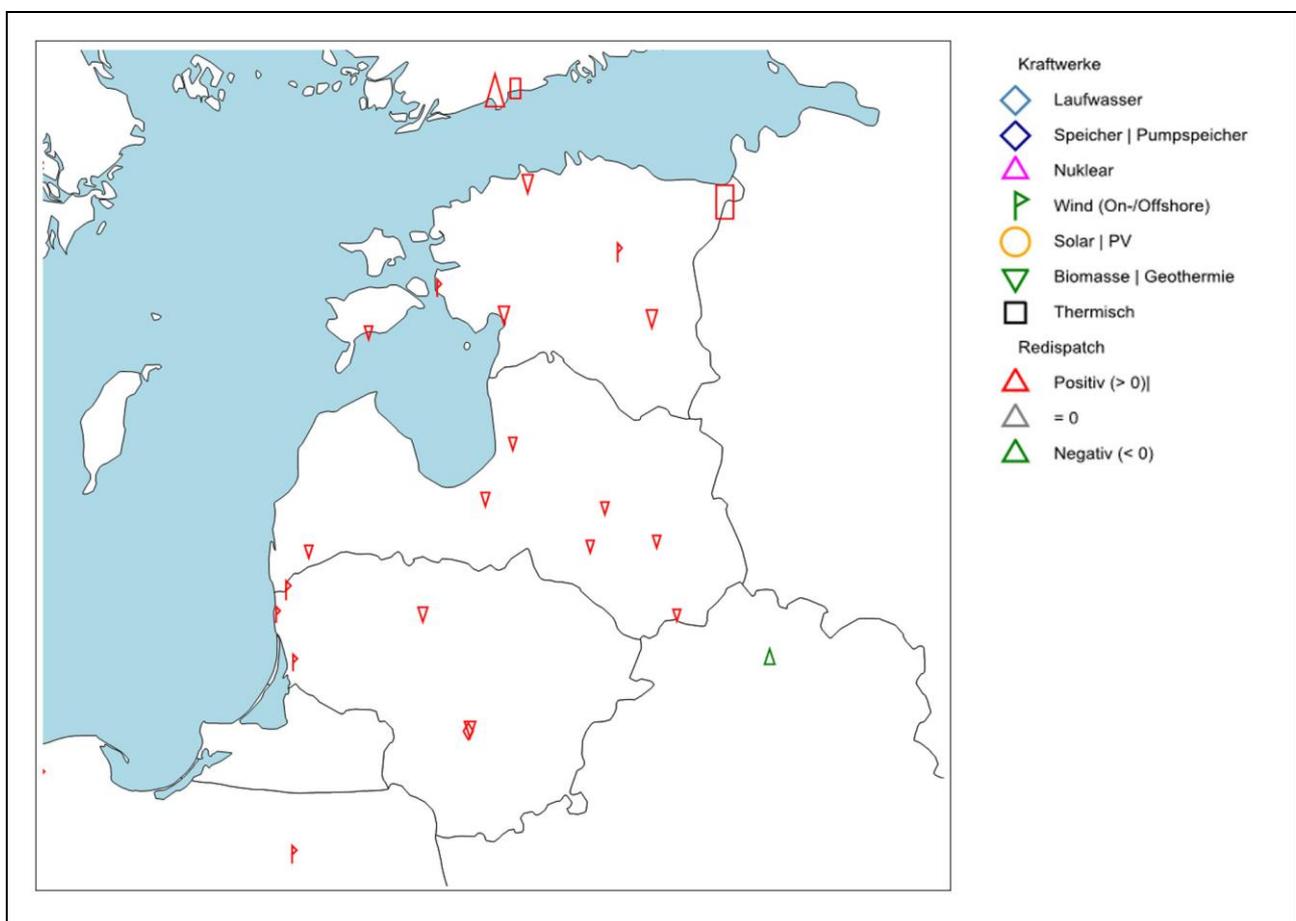


Abbildung 57: Differenzen des Kraftwerkseinsatzes nach der Stilllegung des AKW in Litauen (Quelle: Feichtinger, Nischler, Bachhiesl, Stigler, 2015)

Die rot gekennzeichneten Kraftwerkstypen kennzeichnen eine Leistungszunahme, wobei man direkt die Auswirkungen der Stilllegung des AKW auf das gesamte Baltikum erkennt. Die Kompensierung der Bedarfsdeckung erfolgte in der Simulation anhand des vermehrten Einsatzes von erneuerbaren Energieträgern im gesamten baltischen Raum, einer Zunahme des Stromimports aus Finnland, sowie dem vermehrten Einsatz des Ölschieferkraftwerks in Estland. Die Auswirkungen auf das Leitungssystem können anhand der Lastflussdifferenzen in Abbildung 58 gezeigt werden.

Abbildung 58 spiegelt die Lastflussdifferenzen nach der Stilllegung des AKW wieder.

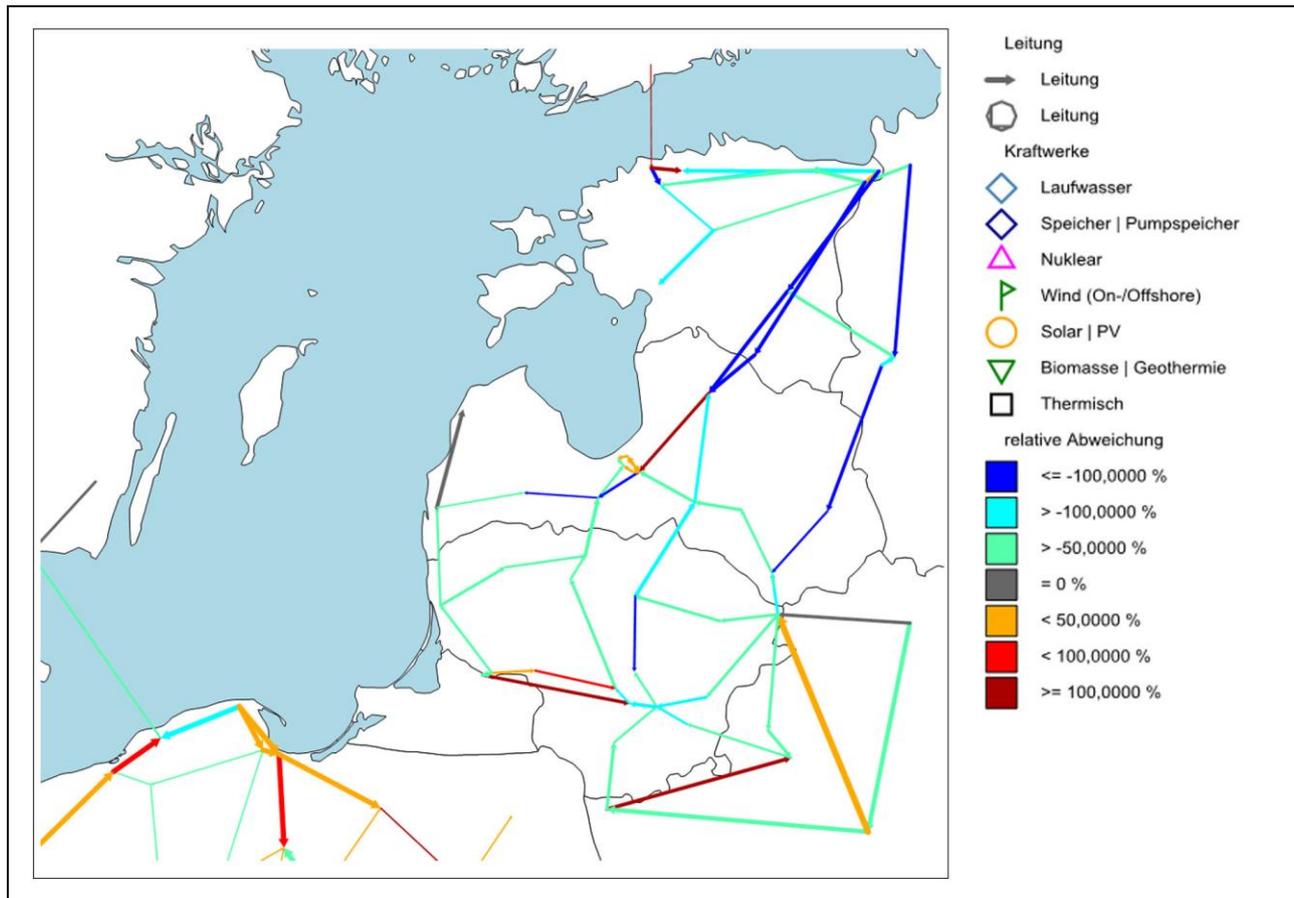


Abbildung 58: Lastflussdifferenzen des Baltikums nach Stilllegung des AKW in Litauen (Quelle: Feichtinger, Nischler, Bachhiesl, Stigler, 2015)

Die 7-stufige Farbskala beschreibt die relative Abweichung der Lastflussänderung in Prozent, wobei die blauen Leitungen eine relative Minimierung um mindestens 100 %, die roten Verbindungen eine relative Zunahme um 100 % des Lastflusses darstellen. Die Visualisierung der Lastflussdifferenzen zeigt die enormen Veränderungen des Lastflusses auf, wobei nach der Stilllegung des AKW in Litauen ein erhöhtes Stromaufkommen aus den Nachbarstaaten Finnland, Weißrussland und Russland (Kaliningrad) zu verzeichnen ist. Das erhöhte Stromaufkommen kann durch die roten bzw. orangen Verbindungsleitungen zwischen Litauen und seinen Nachbarstaaten erkannt werden.

### 5.2.2 Szenario 2: Anschluss des Baltikums an das ECN bzw. an das VN der Nordischen Länder im Jahr 2016

Gegenwärtig sind die ÜN der baltischen Staaten Teil des von Russland aus gesteuerten IPS/UPS-Systems. Um das gemeinsame Streben der baltischen Staaten nach einer stabilen Energieversorgungssicherheit und der Unabhängigkeit von Russland zu realisieren, sind im Dezember 2015 die wichtigen HGÜ-Verbindungsleitungen zu Schweden bzw. Polen in Betrieb genommen worden. (vgl. Kap. 4.3) Diese Auswirkungen auf das Leitungsnetz und den Kraftwerkseinsatz wurden in diesem Kapitel mit Hilfe von ATLANTIS analysiert.

In Abbildung 59 sind die Lastflussberechnung, sowie der optimale Kraftwerkseinsatz für die Jahreshöchstlast, für den Zeitraum des Anschlusses bzw. davor, graphisch dargestellt.

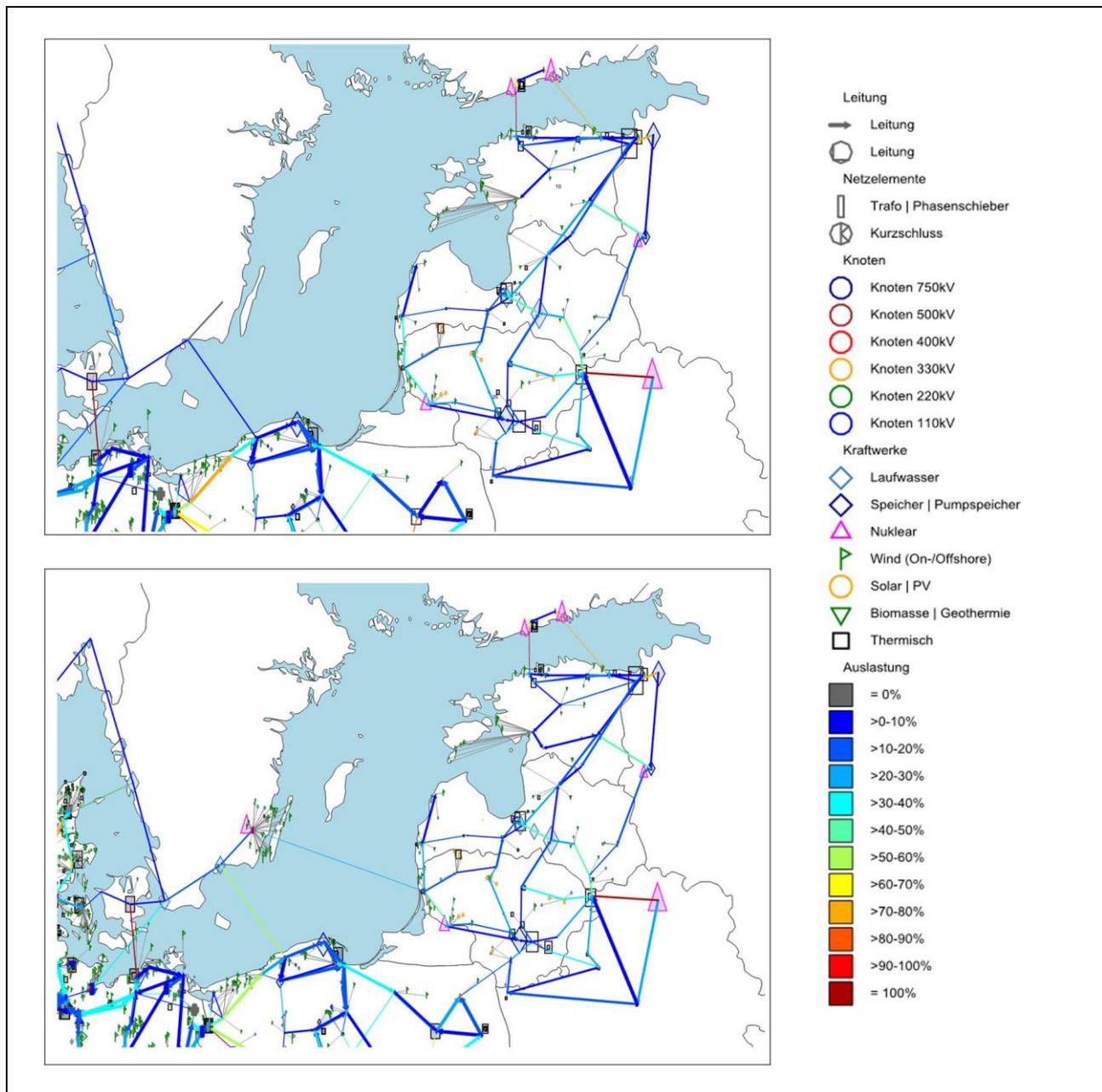


Abbildung 59: Oben: Lastfluss bzw. optimaler Kraftwerkseinsatz des Baltikums vor dem Anschluss mit dem ECN und NOORDIC 2015; unten: Kongruent dazu das Jahr 2016 bei Inbetriebnahme der beiden HGÜ-Leitungen zu Schweden bzw. Polen (Quelle: Feichtinger, Nischler, Bachhiesl, Stigler, 2015)

Der obere Bereich zeigt den Lastfluss bzw. den Kraftwerkseinsatz des Baltikums vor dem Anschluss mit dem ECN und NOORDIC 2015, in der unteren Bildhälfte ist das darauffolgende Jahr bei Inbetriebnahme der beiden HGÜ-Leitungen zu Schweden bzw. Polen dargestellt. Für die Simulation in ATLANTIS wurde der Stromimport bzw. Stromexport durch AKW und PSKW realisiert. Das AKW in den Nachbarstaaten soll einen Stromimport ins Baltikum darstellen, der Stromexport in die umliegenden Länder, wurde durch PSKW im jeweiligen Nachbarstaat realisiert. Mit der Inbe-

Die Inbetriebnahme der ‘NordBalt’-Leitung wird dem Baltikum der Stromimport aus den nordischen Ländern ermöglicht. Der physikalische Anschluss an das ECN in Form der Leitung ‘LitPollink’, ist ein wichtiger Schritt in Richtung Unabhängigkeit von Russland. Die Unterschiede des Kraftwerkseinsatzes vor bzw. bei Anschluss an das ECN sind in Abbildung 60 veranschaulicht.

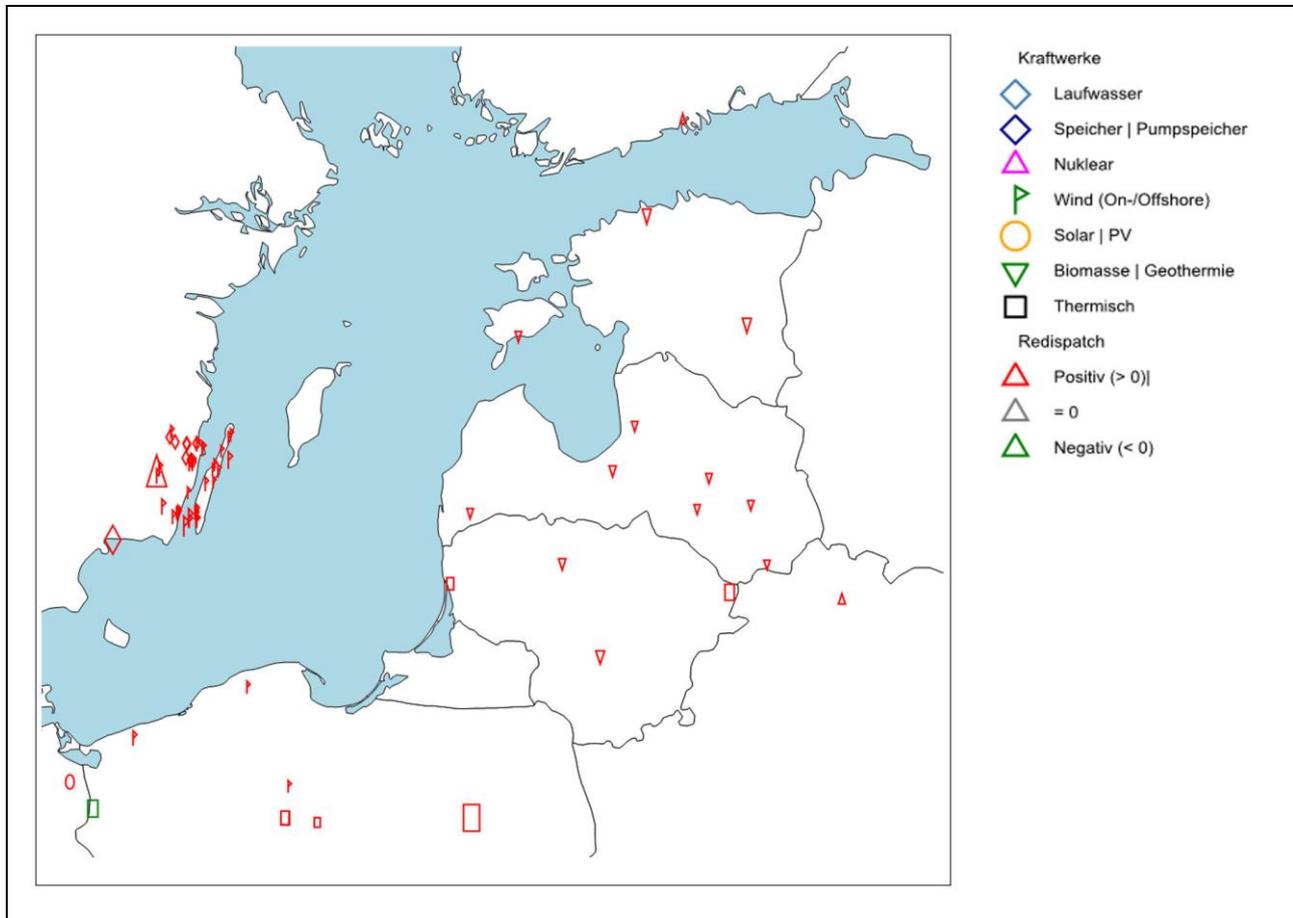


Abbildung 60: Differenzen des Kraftwerkseinsatzes nach dem Anschluss an das ECN bzw. NORDIC (Quelle: Feichtinger, Nischler, Bachhiesl, Stigler, 2015)

Die rot gekennzeichneten Kraftwerkstypen kennzeichnen eine jeweilige Leistungs Zunahme, d.h., sie stellen im Vergleich zur vorherigen Periode, mehr Energie zur Verfügung. Die Änderungen durch den Anschluss an das ECN bzw. NORDIC im Bereich des Kraftwerkseinsatzes, sind durch einen verstärkten Einsatz von Biomassekraftwerken im baltischen Raum ersichtlich. Des Weiteren kann günstiger Strom für die Bedarfsdeckung aus den nordischen Ländern um Schweden bzw. aus Polen importiert werden.

Abbildung 61 spiegelt die Lastfluss-Differenzen für denselben Fall wieder.

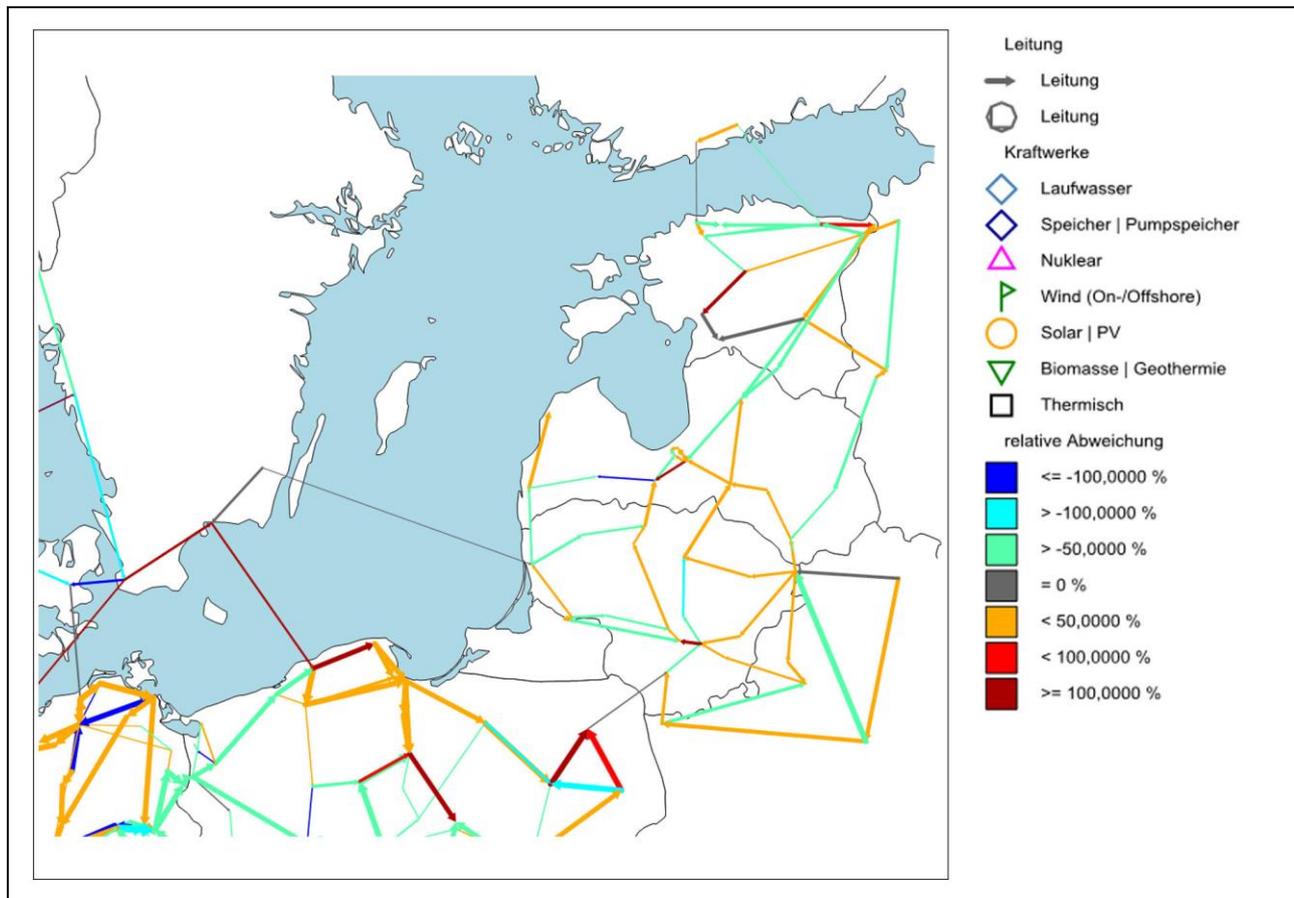


Abbildung 61: Lastflussdifferenzen des Baltikums nach dem Anschluss an das ECN bzw. NORDIC (Quelle: Feichtinger, Nischler, Bachhiesl, Stigler, 2015)

Die Inbetriebnahme der beiden in grau gekennzeichneten HGÜ-Leitungen, bewirkt eine wesentliche Änderung der Lastflussverteilung. Da ein Teil des Strombedarfs aus Schweden bzw. Polen bezogen wird, erfolgt wieder ein vermehrter Stromfluss von Litauen in Richtung Lettland, was in der Abbildung in Form von orangen Lastflusspfeilen dargestellt wird. Durch die neuen Möglichkeiten des Strombezugs aus Westeuropa, ist das Baltikum nicht mehr aus der zuvor bezogenen Energie aus Russland und Weißrussland abhängig. Diese Tatsache ist durch eine Verringerung der Lastflussverteilung in Form der grünen Lastflusspfeile ersichtlich. Die relative Abweichung des Lastflusses ist durch eine 7-stufige Farbskala gekennzeichnet, wobei die Grenzen mit 100% gewählt sind.

### 5.2.3 Szenario 3: Entwicklung des physikalischen Lastflusses für das Jahr 2020

Für die Ermittlung der monatlichen Energiendeckung in ATLANTIS wird jeder Monat in jeweils zwei Peak- und Off-Peak-Perioden unterteilt. (Peak a,b; Off-Peak a,b) Damit können noch genauere und realitätsgetreuere Ergebnisse erhalten werden. Für das Jahr 2020 wurde die Simulation für die zwei Peak-Perioden "Peak a" vom Jänner bzw. Juli angewendet, um die Unterschiede des Lastflusses in den baltischen Staaten zwischen Winter und Sommer in einer dieser Spitzenlastzeiten aufzuzeigen. Für genauere Angaben zu den Peak-Perioden in ATLANTIS, siehe: ATLANTIS: techno-

economic model of the European electricity sector. Feichtinger, Nischler, Bachhiesl, Stigler, 2015. (Feichtinger, Nischler, Bachhiesl, Stigler, 2015a)

Die Ergebnisse aus der Lastflussberechnung sind mittels VISU in Abbildung 62 veranschaulicht.

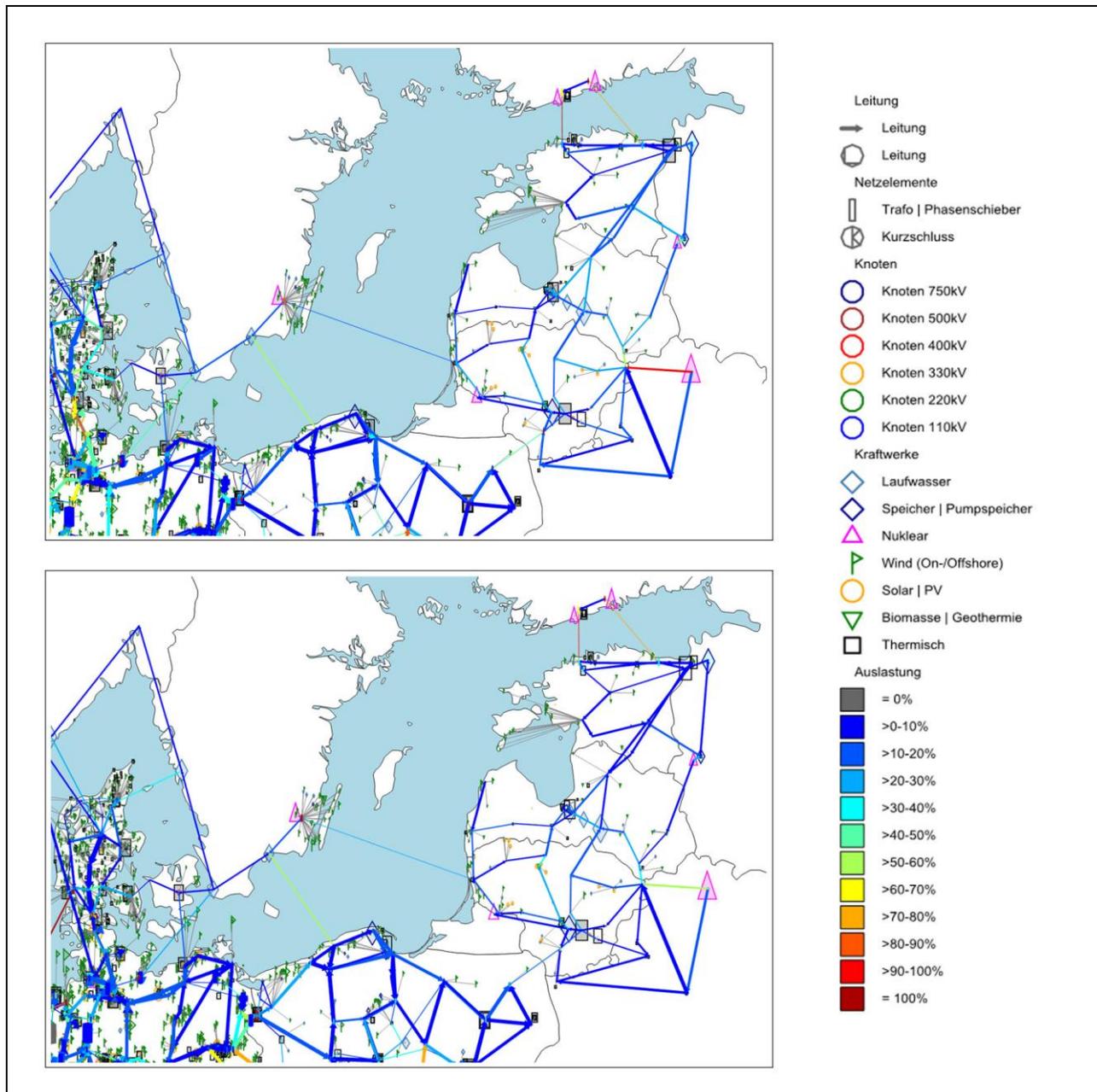


Abbildung 62: Oben: Lastfluss bzw. optimaler Kraftwerkseinsatz des Baltikums in der "Peak a" Periode im Jänner des Jahres 2020; unten: Analog dazu die "Peak a" Periode im Juli (Quelle: Feichtinger, Nischler, Bachhiesl, Stigler, 2015)

Auf den ersten Blick erkennt man bereits, dass im Winter die Leitungsverbindungen zu den Nachbarstaaten des Baltikums ausgelasteter sind, als im Sommer. Die genauen Unterschiede zwischen den Lastflussdarstellungen aus Abbildung 62, werden wiederum mit Hilfe der Differenzdarstellung aus der VISU analysiert.

Die Unterschiede der Lastflussverteilung zwischen der “Peak a“ Periode im Sommer und jener im Winter sind in der nachfolgenden Abbildungen 63 ersichtlich.

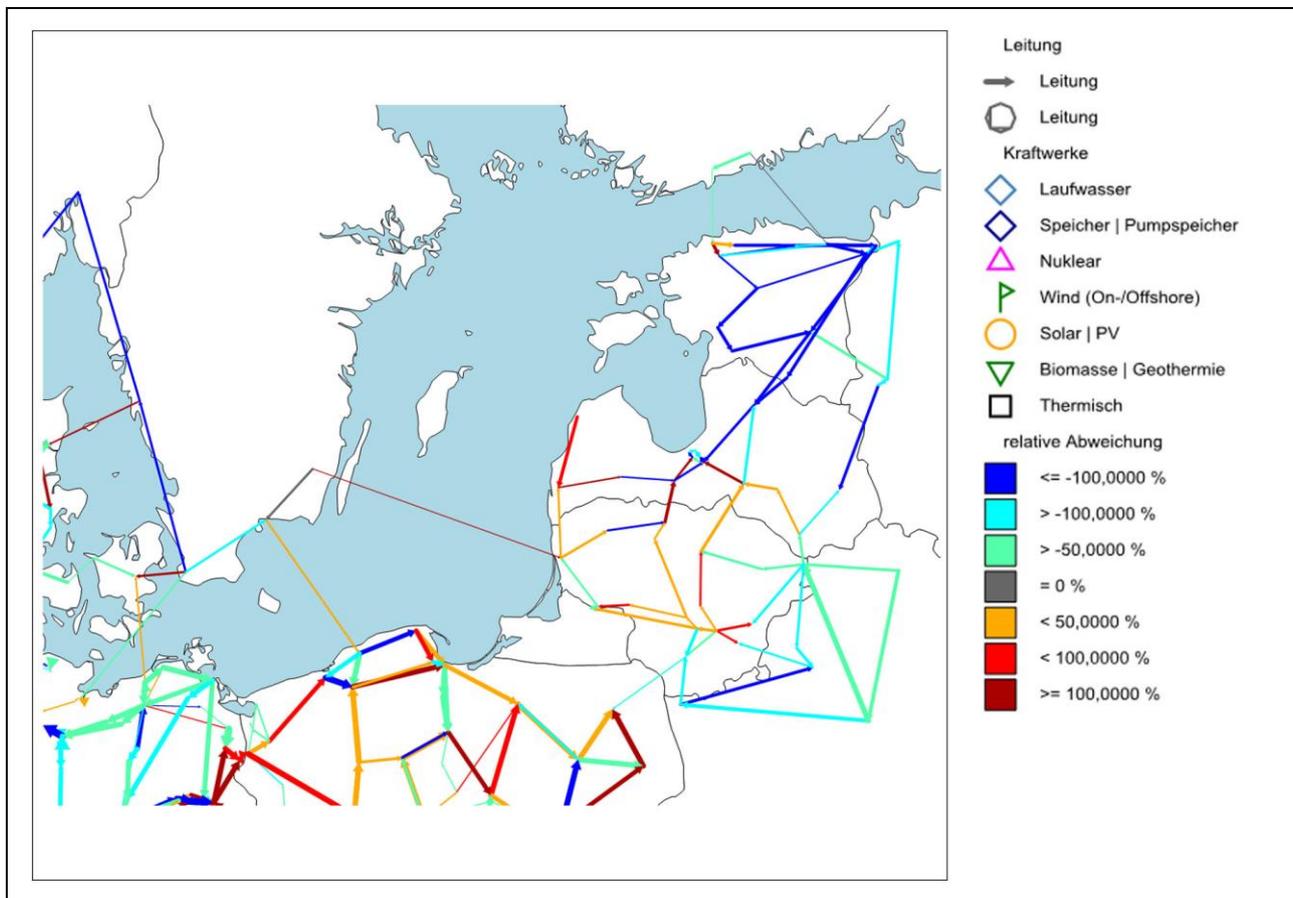


Abbildung 63: Lastfluss-Differenzen in der “Peak a“ Periode zwischen Sommer und Winter im Jahr 2020 (Quelle: Feichtinger, Nischler, Bachhiesl, Stigler, 2015)

Die Lastflussdifferenzen zeigen im Sommer einen erhöhten Strombedarf in Litauen und Lettland auf, welcher vorwiegend über den Stromimport aus den Nordischen Ländern realisiert wird. In Abbildung 63 ist dies, durch die orangen und roten Lastflusspfeile von Schweden nach Litauen und weiter nach Lettland gekennzeichnet. Die blauen Lastflusspfeile im Norden des Baltikums signalisieren eine relative Minderung der Lastflussverteilung, d.h., der Strombedarf von Estland ausgehend über Finnland und Russland ist in der berücksichtigten Periode im Sommer geringer ausgeprägt, als im Winter.

### 5.2.4 Szenario 4: Geplante Synchronisation mit dem ECN und gleichzeitige Desynchronisation vom IPS/UPS im Jahr 2025

Gemäß den Studien der ÜNB des Baltikums, soll die Synchronisation mit dem ECN und die gleichzeitige Desynchronisation vom IPS/UPS im Jahr 2025 erfolgen. Die Ergebnisse für die Lastflussberechnung aus ATLANTIS zu diesem Szenario sind in Abbildung 64 veranschaulicht.

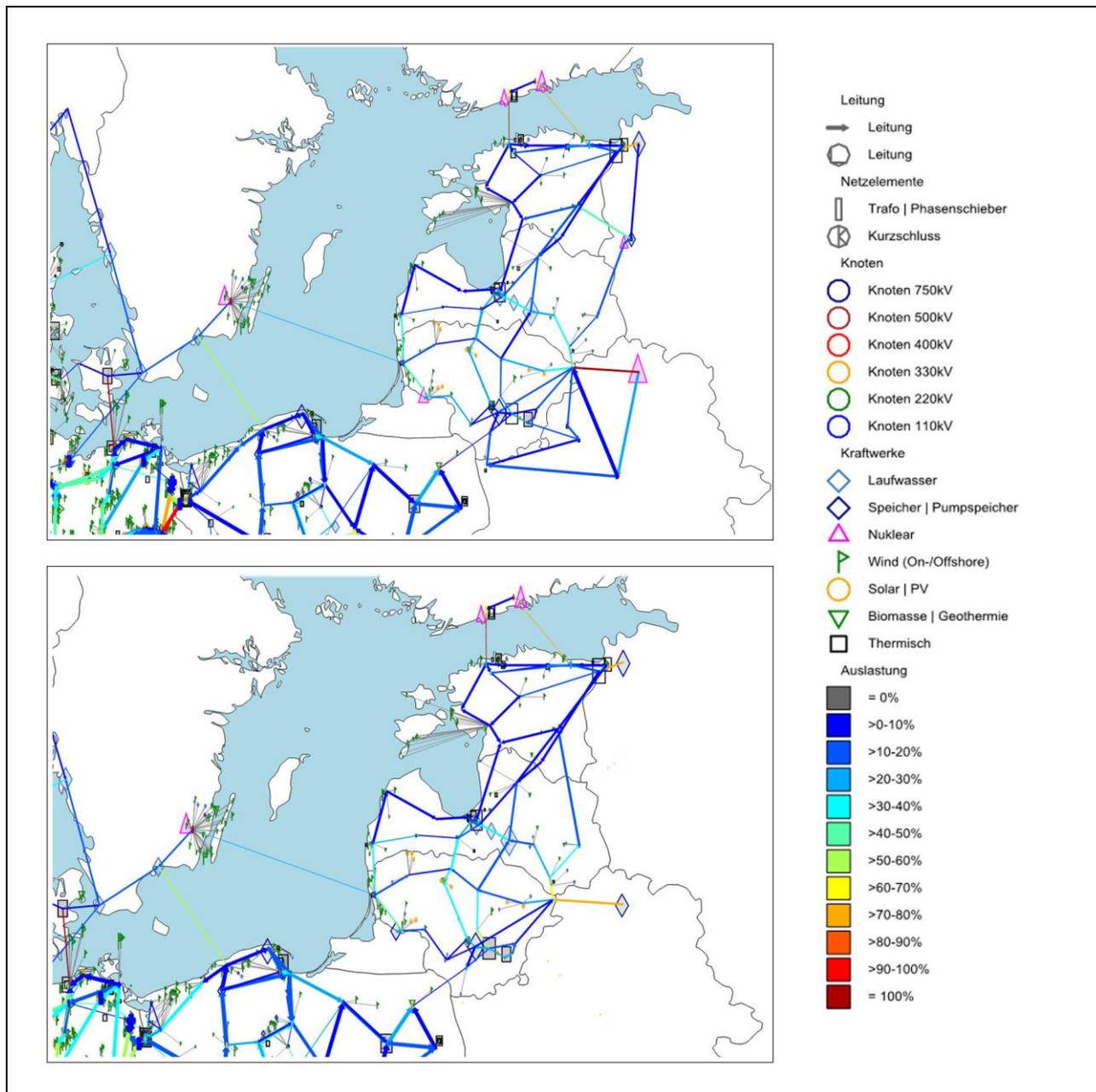


Abbildung 64: Oben: Lastfluss bzw. optimaler Kraftwerkseinsatz des Baltikums bei Synchronisation mit IPS/UPS; unten: Analog dazu bei Synchronisation mit ECN (Quelle: Feichtinger, Nischler, Bachhiesl, Stigler, 2015)

Die obere Hälfte zeigt die Lastflussberechnungen zum Zeitpunkt der bestehenden Synchronisation mit dem russischen System. Unten sind analog dazu die Ergebnisse des optimalen Kraftwerkseinsatz und den daraus resultierenden Lastflüssen in der Periode der Jahreshöchstlast zum Zeitpunkt der Synchronisation mit dem ECN dargestellt.

Um das Vorhaben der Desynchronisation vom IPS/UPS zu realisieren sind einige Änderungen im Elektrizitätssystem nötig. In dieser Arbeit wurde folgendes Modell berücksichtigt:

- Die Oblast Kaliningrad wird für eine Synchronisation nicht berücksichtigt und agiert weiterhin autonom.
- Die Verbindung des Baltikums zum IPS/UPS System erfolgt über Back-to-Back (BtB)-Konverter Stationen.

Folgende Leitungsänderungen wurden auf Basis des TYNDP des ÜNB Litgrid für eine Desynchronisation berücksichtigt:

- Eine Verbindung zwischen Litauen und Weißrussland erfolgt nur mehr über die Leitung von Igalina nach Polock über BtB-Stationen.
- Verbindung zwischen Lettland und Russland wird außer Betrieb genommen und durch eine Verbindungsleitung zwischen Rezekne (LV) und Tartu (EE) ersetzt.
- Litauen ist über eine Btb-Station mit Kaliningrad (RU) verbunden.
- Die Verbindung Estlands zu Russland erfolgt ebenfalls über BtB-Stationen.

Die Unterschiede der Lastflussverteilung zwischen der Synchronisation mit dem ECN und jener mit dem IPS/UPS werden in Abbildung 65 mit Hilfe der Lastfluss-Differenzen dargestellt

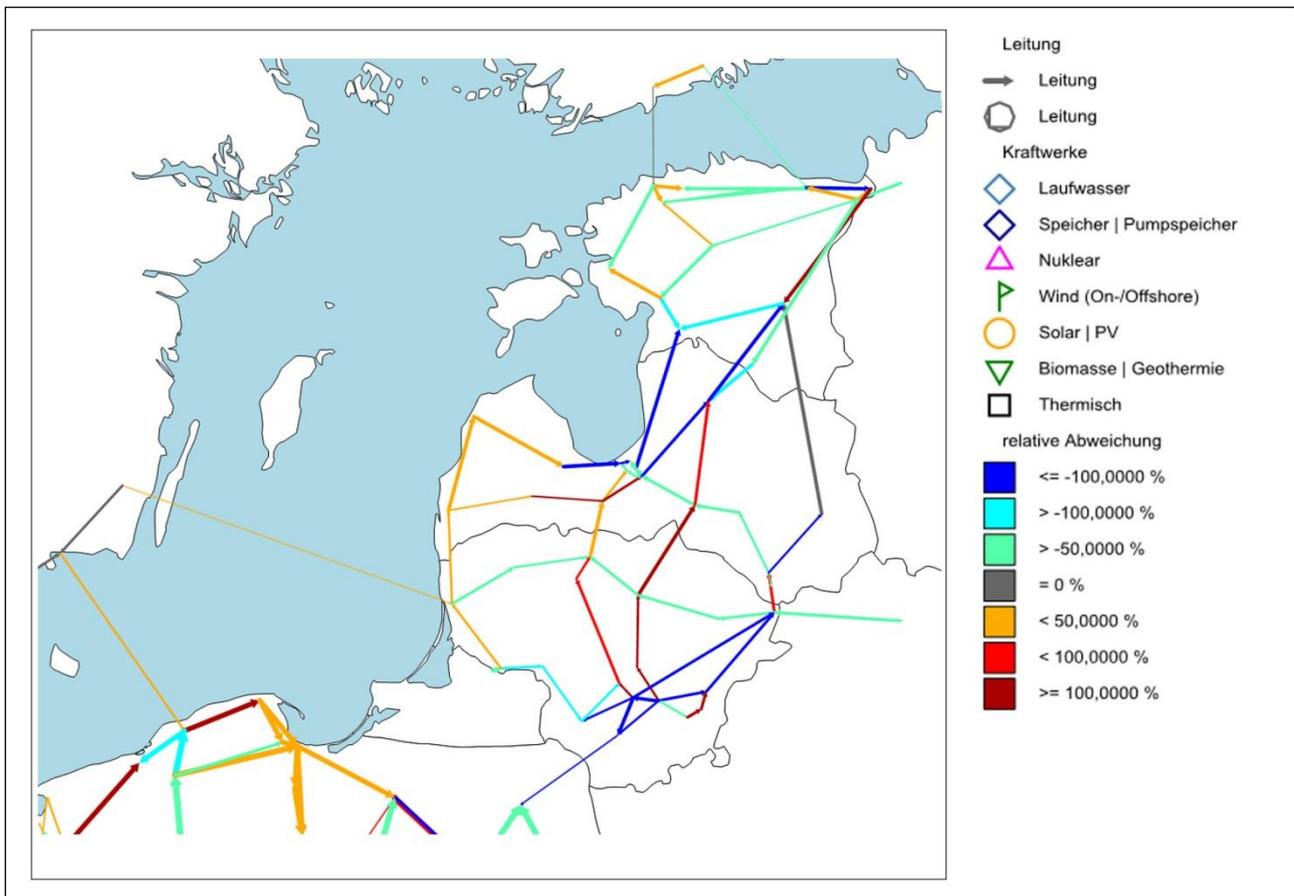


Abbildung 65: Lastfluss-Differenzen bei Synchronisation mit ECN (Quelle: Feichtinger, Nischler, Bachhiesl, Stigler, 2015)

Die Ergebnisse der Lastfluss-Differenzen in der Periode der Jahreshöchstlast zeigen eine relative Minderung des Lastflusses für die Leitungen von Weißrussland nach Litauen, sowie von Russland nach Estland. Mit dem Wegfall der Verbindungsleitung von Lettland zu Russland, muss der Strombedarf in diesem Bereich über Estland und Litauen erfolgen, was durch die roten Lastflusspfeile aus Estland bzw. Litauen ersichtlich ist. Grundsätzlich wird ersichtlich, dass durch eine Desynchronisation vom IPS/UPS und der somit verbundenen Unabhängigkeit Russlands, ein erhöhtes Stromaufkommen über den südwestlichen Teil des Baltikums zu verzeichnen ist. Die Lastflüsse aus Russland und Weißrussland sind dadurch geringer ausgeprägt.

## 6 Zusammenfassung

In Estland basiert zum jetzigen Zeitpunkt Dreiviertel der Stromerzeugung auf der Verwendung des wichtigsten lokalen Energieträgers, dem Ölschiefer. Die sehr hohen Vorkommen des Rohstoffes würden zwar eine zukünftige Energieunabhängigkeit versichern, aber die sehr hohen Verschmutzungswerte zwingen das Land zu einer Umstrukturierung des Kraftwerksparks. Die Erzeugung aus Ölschiefer soll bis 2050 durch erneuerbare Energieträger in Form von Windenergie ersetzt werden, was einen Anteil von 67% erneuerbarer Energien an der Stromproduktion bedeuten würde. Die physikalischen Verbindungen mit Finnland ermöglichen zusätzlich, die vorwiegend im nördlichen Teil des Landes liegenden Verbrauchsschwerpunkte, zu decken. Seit der Strommarktliberalisierung 2013 gelten in Estland die Marktpreise.

Lettland ist im Bereich der umweltfreundlichen Stromerzeugung seinen zwei baltischen Nachbarstaaten um einiges voraus. Bereits jetzt beträgt der Anteil der erneuerbaren Energien an der Bruttostromerzeugung rund 60%. Als Hauptenergieträger gilt hier das Wasser. Der Rest wird vorwiegend aus den wichtigen Strom- und Wärmeerzeugungsanlagen um Riga bereitgestellt. Für die Entwicklung im Ausbau der Erzeugungsstruktur, soll der Fokus auch hier auf die Windenergie gelegt werden. Das Potential der günstigen Lage im Küstengebiet soll genutzt werden und die bestehenden Windparks sollen ums das Zehnfache gesteigert werden. Um die Sicherung in der Stromversorgung für den gesamten Ostseeraum zu gewährleisten, soll die wichtige Verbindungsleitung zwischen Riga und Kilingi-Nõmme in Estland realisiert werden.

In Litauen bestimmte die Stilllegung des AKW in Ignalina die Elektrizitätswirtschaft der letzten Jahre. Nahezu über Nacht war das erzeugungsstarke Land plötzlich von den Stromimporten seiner Nachbarländer abhängig. Es gibt hier eine breite Palette an Energieträgern, die zur Stromerzeugung beitragen. Rund 40% der Stromproduktion basiert auf erdgasbefeuerten Kraftwerken, der Rest hat seinen Ursprung in den erneuerbaren Energien, wobei im Vergleich zu den beiden anderen baltischen Staaten auch auf die Verwendung von Sonnenenergie zurückgegriffen wird. Für die Entwicklung der Stromerzeugungsanlagen soll auch im südlichsten Staat des Baltikums das Hauptaugenmerk auf die Nutzung der Windenergie gelegt werden. Des Weiteren ist eine Wiederinbetriebnahme des AKW energiewirtschaftlich kaum abwendbar. Mit der Inbetriebnahme der Verbindungsleitungen zu Schweden und Polen, wurde der Grundstein für eine Energieunabhängigkeit von Russland gelegt.

Durch den physikalischen Anschluss mit Finnland, Schweden und Polen sind die Grundsteine für eine Integration des Baltikums in das ECN und der damit verbundenen Energieunabhängigkeit Russlands, gelegt worden. Die Ergebnisse aus den Lastflussberechnungen haben gezeigt, dass die ÜN der Verlagerung des Lastflusses durch die Anbindung an den Westen standhalten. Auch sind genug Möglichkeiten gegeben, damit der Strombedarf des Baltikums gedeckt ist.

Das für diese Arbeit erstellte Modell ergibt eine sehr gute Abbildung der Realität. Es muss jedoch bei den erhaltenen Ergebnissen immer berücksichtigt werden, dass durch die Vielzahl der berücksichtigten Daten auch ein Spielraum für einige Ungenauigkeiten gegeben ist. Um die Simulation bis 2030 realisieren zu können, musste auch der Kraftwerkspark bis dahin angepasst werden, wobei die Leistungen an das EU-Referenzszenario angepasst wurden, die Lage der unterschiedlichen Kraftwerke jedoch nach eigenem Ermessen gewählt wurde. Die Lastflüsse aus Russland und Weißrussland wurden mit Hilfe von AKW und PSKW nachgebildet, um eine ungefähre Nachbildung der Im- bzw. Exporte aus diesen Staaten zu realisieren. Nichtsdestotrotz können anhand des Modelles wertvolle Informationen über Lastflüsse, sowie über möglichen Investitionsbedarf in die Netzstruktur oder den Kraftwerkspark gewonnen werden.

Die aktuellen Studien zur Synchronisation des Baltikums, zeigen mehrere Möglichkeiten für eine Abkopplung der baltischen Staaten vom russischen Elektrizitätsnetz auf. Aus der Sicht des Autors könnten weitere Szenarien, welche beispielsweise eine Mitsynchronisation der Exklave Kaliningrad bzw. eine Synchronisation mit dem nordischen Elektrizitätssystem nachbilden, in Betrachtung gezogen werden.

## Abkürzungsverzeichnis

AKW	Atomkraftwerk
BIP	Bruttoinlandsprodukt
BtB	Back to Back
ECN	European Continental Network
EU	Europäische Union
EV	Europäisches Verbundsystem
GuD	Gas-und-Dampf
HGÜ	Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung
IPS	Interconnected Power System
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
NTC	Net Transfer Capacities
PCI	Projects of common interest
PSKW	Pumpspeicherkraftwerk
TYNDP	Ten Year Network Development Plan
UPS	Unified Power System
ÜN	Übertragungsnetz
ÜNB	Übertragungsnetzbetreiber
VN	Verbundnetz
VNB	Verteilernetzbetreiber

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Geographische Lage Estlands (Quelle: d-maps, 2015, eigene Darstellung).....	3
Abbildung 2: Wachstum des BIP von 2005-2015 (Quelle: Statista, 2016, eigene Darstellung) .....	5
Abbildung 3: Anteile der Wirtschaftssektoren am BIP (Quelle: ES, 2015, S.31, eigene Darstellung).....	6
Abbildung 4: Estnische Exporte 2014 (Quelle: ES, 2015, S.41, eigene Darstellung) .....	7
Abbildung 5: Estnische Importe 2014 (Quelle: ES, 2015, S.41, eigene Darstellung) .....	7
Abbildung 6: Gegenüberstellung von Bruttostromerzeugung und Stromverbrauch in Estland von 2010-2015 (Quelle: ES, 2016, eigene Darstellung) .....	9
Abbildung 7: Anteil der unterschiedlichen Energieträger an der Stromproduktion 2015 (Quelle: ES, 2016, eigene Darstellung).....	10
Abbildung 8: Übersicht der analysierten Ölschieferkraftwerke in Estland (Quelle: Feichtinger, Nischler, Bachhiesl, Stigler, 2015).....	11
Abbildung 9: Übersicht der Gaskraftwerke in Estland (Quelle: Feichtinger, Nischler, Bachhiesl, Stigler, 2015).....	12
Abbildung 10: Übersicht der Wasserkraftwerke in Estland (Quelle: Feichtinger, Nischler, Bachhiesl, Stigler, 2015) .....	13
Abbildung 11: Übersicht der Onshore-Windparks in Estland (Quelle: Feichtinger, Nischler, Bachhiesl, Stigler, 2015) .....	15
Abbildung 12: Biomasse KWK-Anlagen in Estland (Quelle: Feichtinger, Nischler, Bachhiesl, Stigler, 2015).....	16
Abbildung 13: Biogaskraftwerke in Estland (Quelle: Feichtinger, Nischler, Bachhiesl, Stigler, 2015).....	17
Abbildung 14: Strom- und Wärmeerzeugung durch Müllverbrennung in Iru (Quelle: Feichtinger, Nischler, Bachhiesl, Stigler, 2015) .....	18
Abbildung 15: Übertagungsnetz in Estland (Quelle: Feichtinger, Nischler, Bachhiesl, Stigler, 2015).....	20
Abbildung 16: Stromverbrauch der unterschiedlichen Sektoren in Estland 2015 (Quelle: ES, 2015c, eigene Darstellung).....	22
Abbildung 17: NUTS 3 Ebenen in Estland (Quelle: ES, 2015a; eigene Darstellung).....	23

Abbildung 18: Verbrauchsschwerpunkte der unterschiedlichen Netzknoten in Estland (Quelle: Feichtinger, Nischler, Bachhiesl, Stigler, 2015) .....	25
Abbildung 19: Übersicht über die Funktionsweise des Strommarktes in Estland (Quelle: Elering, 2012, S.8).....	27
Abbildung 20: Zusammensetzung des Strompreises für den Endkunden in Estland , eigene Darstellung auf Basis von (Quelle: Elering, 2012, S.4) .....	29
Abbildung 21: Geographische Lage Lettlands (Quelle: d-maps, 2015; eigene Darstellung) .....	30
Abbildung 22: Wachstum des BIP von 2005-2015 (Quelle: Statista, 2016a, eigene Darstellung) ...	32
Abbildung 23: Lettische Exporte 2014 (Quelle: LIAA, 2014, eigene Darstellung) .....	33
Abbildung 24: Lettische Importe 2014 (Quelle: LIAA, 2014, eigene Darstellung) .....	33
Abbildung 25: Energiestrategie Lettlands (Quelle: AHK, 2014b, S.17, eigene Darstellung) .....	34
Abbildung 26: Gegenüberstellung von Bruttostromerzeugung und Stromverbrauch in Estland von 2010-2015 (Quelle: IEA, o. J., eigene Darstellung) .....	35
Abbildung 27: Anteil der unterschiedlichen Energieträger an der Stromproduktion 2014 (Quelle: IEA, o.J., eigene Darstellung) .....	36
Abbildung 28: Erdgasbefeuerten KWK-Anlagen in Lettland (Quelle: Feichtinger, Nischler, Bachhiesl, Stigler, 2015) .....	36
Abbildung 29: Übersicht der wichtigsten Wasserkraftwerke in Lettland (Quelle: Feichtinger, Nischler, Bachhiesl, Stigler, 2015).....	38
Abbildung 30: Übersicht der Biomassekraftwerke in Lettland (Quelle: Feichtinger, Nischler, Bachhiesl, Stigler, 2015) .....	39
Abbildung 31: Windparks in Lettland (Quelle: Feichtinger, Nischler, Bachhiesl, Stigler, 2015).....	41
Abbildung 32: Übertagungsnetz in Lettland (Quelle: Feichtinger, Nischler, Bachhiesl, Stigler, 2015).....	43
Abbildung 33: Stromverbrauch der unterschiedlichen Sektoren in Lettland 2014 (Quelle: IEA, o.J., eigene Darstellung) .....	45
Abbildung 34: NUTS 3-Ebenen in Lettland (Quelle: eigene Darstellung).....	46
Abbildung 35: Verbrauchsschwerpunkte der unterschiedlichen Netzknoten in Lettland (Quelle: Feichtinger, Nischler, Bachhiesl, Stigler, 2015) .....	47
Abbildung 36: Geographische Lage Litauens (Quelle: d-maps, 2015; eigene Darstellung) .....	50
Abbildung 37: Wachstum des BIP von 2005-2015 (Quelle: Statista, 2016b, eigene Darstellung) ...	52
Abbildung 38: Litauische Exporte 2014 (Quelle: Globaledge, 2014, eigene Darstellung) .....	53

Abbildung 39: Litauische Importe 2014 (Quelle: Globaledge, 2014, eigene Darstellung) .....	53
Abbildung 40: Gegenüberstellung von Bruttostromerzeugung und Stromverbrauch in Litauen von 2009-2014, eigene Darstellung auf Basis von (IEA, o.J.).....	55
Abbildung 41: Anteil der Energieträger an der Stromproduktion 2014 (Quelle: IEA, o.J., eigene Darstellung).....	56
Abbildung 42: Übersicht der Gaskraftwerke in Litauen (Quelle: Feichtinger, Nischler, Bachhiesl, Stigler, 2015) .....	56
Abbildung 43: Übersicht der Wasserkraftwerke in Litauen (Quelle: Feichtinger, Nischler, Bachhiesl, Stigler, 2015) .....	58
Abbildung 44: Übersicht der Windparks in Litauen (Quelle: Feichtinger, Nischler, Bachhiesl, Stigler, 2015).....	60
Abbildung 45: Übersicht der Biomassekraftwerke in Litauen (Quelle: Feichtinger, Nischler, Bachhiesl, Stigler, 2015) .....	62
Abbildung 46: Übersicht der Solarkraftanlagen in Litauen (Quelle: Feichtinger, Nischler, Bachhiesl, Stigler, 2015) .....	63
Abbildung 47: Standort des Abfallkraftwerkes in Klaipeda (Quelle: Feichtinger, Nischler, Bachhiesl, Stigler, 2015) .....	64
Abbildung 48: Standort des mit 2009 vom Netz gegangenen Atomkraftwerks (Quelle: Feichtinger, Nischler, Bachhiesl, Stigler, 2015) .....	65
Abbildung 49: Übertagungsnetz in Litauen (Quelle: Feichtinger, Nischler, Bachhiesl, Stigler, 2015).....	67
Abbildung 50: Stromverbrauch der unterschiedlichen Sektoren in Litauen 2014 (Quelle: IEA, o.J., eigene Darstellung) .....	70
Abbildung 51 : NUTS 3-Ebenen in Litauen (Quelle: d-maps, 2015) .....	71
Abbildung 52: Verbrauchsschwerpunkte in Litauen (Quelle: Feichtinger, Nischler, Bachhiesl, Stigler, 2015).....	72
Abbildung 53: Zusammensetzung des Strompreises für den Endkunden in Litauen (Quelle: AHK, 2015, S.23-24, eigene Darstellung)) .....	75
Abbildung 54: Übersicht des Kraftwerksparkes in Europa, ATLANTIS Datenbank (Quelle: Gutschi, Stigler, 2012, S.5) .....	76
Abbildung 55: Simulationsablauf in ATLANTIS (Quelle: Gutschi, Stigler, 2012, S.16).....	77
Abbildung 56: Oben: Lastfluss bzw. optimaler Kraftwerkseinsatz des Baltikums bei Betrieb des Kernkraftwerks Ignalina in Litauen 2009; unten: Kongruent dazu das Jahr 2010	

bei Außerbetriebnahme des AKW (Quelle: Feichtinger, Nischler, Bachhiesl, Stigler, 2015).....	79
Abbildung 57: Differenzen des Kraftwerkseinsatzes nach der Stilllegung des AKW in Litauen (Quelle: Feichtinger, Nischler, Bachhiesl, Stigler, 2015) .....	80
Abbildung 58: Lastflussdifferenzen des Baltikums nach Stilllegung des AKW in Litauen (Quelle: Feichtinger, Nischler, Bachhiesl, Stigler, 2015) .....	81
Abbildung 59: Oben: Lastfluss bzw. optimaler Kraftwerkseinsatz des Baltikums vor dem Anschluss mit dem ECN und NOORDIC 2015; unten: Kongruent dazu das Jahr 2016 bei Inbetriebnahme der beiden HGÜ-Leitungen zu Schweden bzw. Polen (Quelle: Feichtinger, Nischler, Bachhiesl, Stigler, 2015) .....	82
Abbildung 60: Differenzen des Kraftwerkseinsatzes nach dem Anschluss an das ECN bzw. NORDIC (Quelle: Feichtinger, Nischler, Bachhiesl, Stigler, 2015).....	83
Abbildung 61: Lastflussdifferenzen des Baltikums nach dem Anschluss an das ECN bzw. NORDIC (Quelle: Feichtinger, Nischler, Bachhiesl, Stigler, 2015).....	84
Abbildung 62: Oben: Lastfluss bzw. optimaler Kraftwerkseinsatz des Baltikums in der “Peak a“ Periode im Jänner des Jahres 2020; unten: Analog dazu die “Peak a“ Periode im Juli (Quelle: Feichtinger, Nischler, Bachhiesl, Stigler, 2015) .....	85
Abbildung 63: Lastfluss-Differenzen in der “Peak a“ Periode zwischen Sommer und Winter im Jahr 2020 (Quelle: Feichtinger, Nischler, Bachhiesl, Stigler, 2015).....	86
Abbildung 64: Oben: Lastfluss bzw. optimaler Kraftwerkseinsatz des Baltikums bei Synchronisation mit IPS/UPS; unten: Analog dazu bei Synchronisation mit ECN (Quelle: Feichtinger, Nischler, Bachhiesl, Stigler, 2015) .....	87
Abbildung 65: Lastfluss-Differenzen bei Synchronisation mit ECN (Quelle: Feichtinger, Nischler, Bachhiesl, Stigler, 2015).....	88

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Auflistung der Ölschieferkraftwerke in Estland (Quelle: Platts, 2015, eigene Darstellung).....	11
Tabelle 2: Auflistung der Gaskraftwerke in Estland (Quelle: Platts, 2015, eigene Darstellung) .....	12
Tabelle 3: Auflistung der wichtigsten Wasserkraftwerke in Estland (Quelle: Platts, 2015, eigene Darstellung).....	13
Tabelle 4: Windparks in Estland (Quelle: The Windpower, o.J., eigene Darstellung).....	14
Tabelle 5: Biomassekraftwerke in Estland (Quelle: Platts, 2015, eigene Darstellung) .....	16
Tabelle 6: Biogasanlagen in Estland (Quelle: Platts, 2015, eigene Darstellung) .....	17
Tabelle 7: Entwicklung des estnischen Kraftwerksparks von 2015-2050 (Quelle: EU-RS, 2016, eigene Darstellung).....	19
Tabelle 8: Maximale NTC-Werte für Estland (Quelle: ENTSO-E, 2016, eigene Darstellung) .....	21
Tabelle 9: Strombilanz 2010-2015 in Estland (Quelle: ES, 2015c, eigene Darstellung).....	22
Tabelle 10: Statistiken zu den NUTS Regionen, eigene Darstellung auf Basis von (ES, 2015b) und (ES,2015c).....	24
Tabelle 11: Gaskraftwerke in Lettland anhand ihrer elektrischen Leistung (Quelle: Platts, 2015, eigene Darstellung).....	37
Tabelle 12: Wichtigste Wasserkraftwerke in Lettland (Quelle: Platts, 2015, eigene Darstellung) ...	38
Tabelle 13: Wichtigste Biomassekraftwerke in Lettland (Quelle: Platts, 2015, eigene Darstellung) .....	40
Tabelle 14: Windparks in Lettland (Quelle: The Windpower, o.J., eigene Darstellung) .....	41
Tabelle 15: Entwicklung des lettischen Kraftwerksparks von 2015-2050 (Quelle: EU-RS, 2016, eigene Darstellung).....	42
Tabelle 16: Maximale NTC-Werte für Lettland (Quelle: ENTSO-E, 2016, eigene Darstellung) ....	44
Tabelle 17: Strombilanz 2009-2011 in Lettland auf Basis der Datenangaben von (IEA, o. J.).....	45
Tabelle 18: Statistiken zu den NUTS Regionen (Quelle: CSB, 2015, eigene Darstellung) .....	46
Tabelle 19: Auflistung der erdgasbefeuerten Kraftwerke in Litauen (Quelle: Platts, 2015, eigene Darstellung).....	57
Tabelle 20: Auflistung der Wasserkraftwerke in Litauen (Quelle: Platts, 2015, eigene Darstellung).....	59

Tabelle 21: Auflistung der Windparks in Litauen (Quelle: The Windpower, o. J., eigene Darstellung).....	61
Tabelle 22: Entwicklung des litauischen Kraftwerksparks von 2015-2050 (Quelle: EU-RS, 2016, eigene Darstellung).....	66
Tabelle 23: Maximale NTC-Werte für Litauen (Quelle: ENTSO-E, 2016, eigene Darstellung) .....	69
Tabelle 24: Strombilanz 2009-2011 Litauens (Quelle: IEA, o.J., eigene Darstellung) .....	70
Tabelle 25 : Statistiken zu den NUTS Regionen (Quelle: OSP, 2015).....	72

## Literaturverzeichnis

**AHK. (2011).** Deutsch-Baltische Handelskammer in Estland, Lettland, Litauen. Zielgruppenanalyse Estland, 07. Februar 2011. Online in Internet: URL: [http://www.export-erneuerbare.de/EEE/Redaktion/DE/Downloads/Publikationen/AHK\\_Zielmarktanalysen/zma\\_estland\\_2011\\_wind.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](http://www.export-erneuerbare.de/EEE/Redaktion/DE/Downloads/Publikationen/AHK_Zielmarktanalysen/zma_estland_2011_wind.pdf?__blob=publicationFile&v=2). Abrufdatum 24. Februar 2016.

**AHK. (2011a).** Deutsch-Baltische Handelskammer in Estland, Lettland, Litauen. Zielgruppenanalyse Lettland, 07. Februar 2011. Online in Internet: URL: [http://www.export-erneuerbare.de/EEE/Redaktion/DE/Downloads/Publikationen/AHK\\_Zielmarktanalysen/zma\\_lettland\\_2011\\_wind.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=3](http://www.export-erneuerbare.de/EEE/Redaktion/DE/Downloads/Publikationen/AHK_Zielmarktanalysen/zma_lettland_2011_wind.pdf?__blob=publicationFile&v=3). Abrufdatum 24. Februar 2016.

**AHK. (2014a).** Deutsch-Baltische Handelskammer in Estland, Lettland, Litauen. Energieversorgung mit erneuerbaren Energien in der Industrie in Estland, 17. Dezember 2014. Online in Internet: URL: [http://www.export-erneuerbare.de/EEE/Redaktion/DE/Downloads/Publikationen/AHK\\_Zielmarktanalysen/zma\\_estland\\_2015-ind.pdf;jsessionid=FD483D2F29ABE860C6CCE03D558887F2?\\_\\_blob=publicationFile&v=3](http://www.export-erneuerbare.de/EEE/Redaktion/DE/Downloads/Publikationen/AHK_Zielmarktanalysen/zma_estland_2015-ind.pdf;jsessionid=FD483D2F29ABE860C6CCE03D558887F2?__blob=publicationFile&v=3). Abrufdatum 24. Februar 2016.

**AHK. (2014).** Deutsch-Baltische Handelskammer in Estland, Lettland, Litauen. AHK-Geschäftsreise Estland 2015. Eigenversorgung mit erneuerbaren Energien in der Industrie, Dezember 2014. Online in Internet: URL: [https://www.export-erneuerbare.de/EEE/Redaktion/DE/Downloads/Publikationen/AHK\\_Factsheets/fs\\_estland\\_2015-ee.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](https://www.export-erneuerbare.de/EEE/Redaktion/DE/Downloads/Publikationen/AHK_Factsheets/fs_estland_2015-ee.pdf?__blob=publicationFile&v=2). Abrufdatum 24. Februar 2016.

**AHK. (2014b).** Deutsch-Baltische Handelskammer in Estland, Lettland, Litauen. Energieversorgung mit erneuerbaren Energien in der Industrie in Lettland, 19. Dezember 2014. Online in Internet: URL: [http://www.export-erneuerbare.de/EEE/Redaktion/DE/Downloads/Publikationen/AHK\\_Zielmarktanalysen/zma\\_lettland\\_2015-ind.pdf;jsessionid=3FB6B66105D2AC9A945DD86E3F5FD0C9?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](http://www.export-erneuerbare.de/EEE/Redaktion/DE/Downloads/Publikationen/AHK_Zielmarktanalysen/zma_lettland_2015-ind.pdf;jsessionid=3FB6B66105D2AC9A945DD86E3F5FD0C9?__blob=publicationFile&v=2). Abrufdatum 24. Februar 2016.

**AHK. (2015).** Deutsch-Baltische Handelskammer in Estland, Lettland, Litauen. Energieversorgung mit erneuerbaren Energien in der Industrie in Litauen, 27. Februar 2015. Online in Internet: URL: [http://www.export-erneuerbare.de/EEE/Redaktion/DE/Downloads/Publikationen/AHK\\_Zielmarktanalysen/zma\\_litauen\\_2015-ind.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=3](http://www.export-erneuerbare.de/EEE/Redaktion/DE/Downloads/Publikationen/AHK_Zielmarktanalysen/zma_litauen_2015-ind.pdf?__blob=publicationFile&v=3). Abrufdatum 24. Februar 2016.

**AST. (o. J.).** “Augstsprieguma tīkls AS“ Online in Internet: URL: [http://www.ast.lv/eng/par\\_ast/](http://www.ast.lv/eng/par_ast/). Abrufdatum 24. Februar 2016.

**BMWI. (o. J.).** Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. Europäische Energiepolitik. Online in Internet: URL: <http://www.bmwi.de/DE/Themen/Energie/Europaische-und-internationale-Energiepolitik/europaeische-energiepolitik.html>. Abrufdatum 24. Februar 2016.

**CSB. (2016).** Central Statistical Bureau. Online in Internet: URL: [http://data.csb.gov.lv/pxweb/en/Sociala/Sociala\\_\\_ikgad\\_\\_iedz\\_\\_iedzskaits/IS0010.px/?rxid=562c2205-ba57-4130-b63a-6991f49ab6fe](http://data.csb.gov.lv/pxweb/en/Sociala/Sociala__ikgad__iedz__iedzskaits/IS0010.px/?rxid=562c2205-ba57-4130-b63a-6991f49ab6fe). Abrufdatum 24. Februar 2016.

**d-maps. (o. J.).** d-maps.com. Online Karten. Online in Internet: URL: [http://d-maps.com/carte.php?num\\_car=13436&lang=de](http://d-maps.com/carte.php?num_car=13436&lang=de). Abrufdatum 24. Februar 2016.

**EE. (o. J.).** Eesti Energia group, International energy company. Online in Internet: URL: <https://www.energia.ee>. Abrufdatum 24. Februar 2016.

**Elektrum. (o.J.).** Elektrum,Latvian energy company. Online in Internet: URL: <https://www.elektrum.lv/en/for-home/for-customers/about-market/what-makes-up-an-electricity-price/>. Abrufdatum 24. Oktober 2016.

**Elering. (o. J.).** Elering AS, Estonian electricity transmission system operator. Online in Internet: URL:<http://elering.ee/>. Abrufdatum 24. Oktober 2016.

**Elering. (2012).** Elering AS, Estonian electricity transmission system operator. Full opening of the Estonian electricity market, September 2012. Online in Internet: URL: [http://elering.ee/public/Elektriturg/Elektrituru\\_avanemine/elektrituru\\_brosuur\\_eng\\_september.pdf](http://elering.ee/public/Elektriturg/Elektrituru_avanemine/elektrituru_brosuur_eng_september.pdf). Abrufdatum 24. Oktober 2016.

**Elering. (2014).** Elering AS, Estonian electricity transmission system operator. Emergency Reserve Power Plant. Online in Internet: URL: [http://elering.ee/emergency-reserve-power-plants-4/&article\\_searchword=&from=&to=](http://elering.ee/emergency-reserve-power-plants-4/&article_searchword=&from=&to=). Abrufdatum 24. Februar 2016.

**ENTSO-E. (2016).** ENTSOE, European Network of Transmission System Operators for Electricity. Regional Group Nordic. Maximal NTC Values, 7.März 2016. Online in Internet: URL: <https://www.nordpoolspot.com/globalassets/download-center/tso/max-ntc.pdf>. Abrufdatum 24. Oktober 2016.

**ES. (2015).** Statistics Estonia. Minifacts about Estonia 2015, 30. April 2015. Online in Internet: URL: <http://www.stat.ee/90745>. Abrufdatum 24. Februar 2016.

**ES. (2015a).** Statistics Estonia. NUTS regions, 6. November 2015. Online in Internet: URL: <http://www.stat.ee/296051/?highlight=nuts>. Abrufdatum 24. Februar 2016.

- ES. (2015b).** Statistics Estonia. Population by sex, age group and county, 1. Januar 2015. Online in Internet: URL: [http://pub.stat.ee/px-web.2001/I\\_Databas/Population/01Population\\_indicators\\_and\\_composition/04Population\\_figure\\_and\\_composition/04Population\\_figure\\_and\\_composition.asp](http://pub.stat.ee/px-web.2001/I_Databas/Population/01Population_indicators_and_composition/04Population_figure_and_composition/04Population_figure_and_composition.asp). Abrufdatum 24. Februar 2016.
- ES. (2015c).** Statistics Estonia. Statistical Database - Energy, 2015. Online in Internet: URL: [http://pub.stat.ee/px-web.2001/I\\_Databas/Economy/07Energy/02Energy\\_consumption\\_and\\_production/01Annual\\_statistics/01Annual\\_statistics.asp](http://pub.stat.ee/px-web.2001/I_Databas/Economy/07Energy/02Energy_consumption_and_production/01Annual_statistics/01Annual_statistics.asp). Abrufdatum 15. September 2016.
- ESO. (o. J.).** Energijos Skirstymo Operatorius AB. Online in Internet: URL: <http://www.eso.lt/en/about-us.html>. Abrufdatum 24. Februar 2016.
- Estonia. (2015).** Estonia.eu. The Estonian Government, 14. September 2015. Online in Internet: URL: <http://estonia.eu/about-estonia/country/government.html>. Abrufdatum 24. Februar 2016.
- EU-RS. (2016).** EU Reference Szenario 2016. Energy, transport and GHG emissions Trends to 2050, 20. Juli 2016. Online in Internet: URL: [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/20160713%20draft\\_publication\\_REF2016\\_v13.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/20160713%20draft_publication_REF2016_v13.pdf). Abrufdatum 30. November 2016.
- Eurostat. (2016).** European Statistics, 2016. Online in Internet: URL: [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/images/4/4f/Half-yearly\\_electricity\\_and\\_gas\\_prices\\_%28EUR%29.png](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/images/4/4f/Half-yearly_electricity_and_gas_prices_%28EUR%29.png). Abrufdatum 30. November 2016.
- Feichtinger, Nischler, Bachhiesl, Stigler. (2015).** Neue Instrumente zur visuellen Unterstützung der Netzentwicklungsplanung mittels Atlantis. 9. Internationale Energiewirtschaftstagung an der TU Wien, 2015.
- Feichtinger, Nischler, Bachhiesl, Stigler. (2015a).** ATLANTIS: techno-economic model of the European electricity sector, 2015.
- Fortum. (o. J.).** Fortum, Estonian energy company. Online in Internet: URL: <http://www.fortum.com/en/energy-production/combined-heat-andpower/estonia/pages/default.aspx>. Abrufdatum 24. Februar 2016.
- Fortum. (2013).** Fortum, Estonian energy company. Media room. Online in Internet: URL: <http://www.fortum.com/en/mediaroom/pages/fortum-inaugurates-the-first-large-scale-biomass-combined-heat-and-power-plant-in-latvia.aspx>. Abrufdatum 24. Februar 2016.
- Globaledge. (2014).** Lithuanian Trade Statistics, 2014. Online in Internet: URL: <http://globaledge.msu.edu/countries/lithuania/tradestats>. Abrufdatum 24. Februar 2016.
- Gutschi, Stigler. (2012).** ATLANTIS –Forschungsinstrument des Instituts für Elektrizitätswirtschaft. 12.Symposium Energieinnovation, 15. Februar 2012.

- ICT. (o. J.).** ICT Regulation Toolkit. Online in Internet: URL: <http://www.ictregulationtoolkit.org/en/toolkit/notes/PracticeNote/2029>. Abrufdatum 24. Februar 2016.
- IEA. (o. J.).** Internationale Energieagentur (IEA). Online in Internet: URL: <https://www.energieforschung-iea.de/IEA>. Abrufdatum 24. Februar 2016.
- IEA. (o.J.).** International Energy Agency. Statistics. Online in Internet: URL: <http://www.iea.org/statistics/>. Abrufdatum 24. Februar 2016.
- IEA. (2013).** International Energy Agency. Estonia 2013, S.19. Online in Internet: URL: [http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Estonia2013\\_free.pdf](http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Estonia2013_free.pdf). Abrufdatum 24. Februar 2016.
- IEE. (o.J.).** Institut für Elektrizitätswirtschaft und Energieinnovation der Technischen Universität Graz. Online in Internet: URL: <https://www.tugraz.at/institute/iee/atlantiss/>. Abrufdatum 14. Jänner 2016.
- Latvenergo. (o. J.).** "AS Latvenergo". Online in Internet: URL: [http://www.latvenergo.lv/eng/about\\_us/generation/](http://www.latvenergo.lv/eng/about_us/generation/). Abrufdatum 24. Februar 2016.
- Latvia. (o. J.).** Latvia.eu. Online in Internet: URL: <http://www.latvia.eu/geschichte/history-latvia-timeline>. Abrufdatum 24. Februar 2016.
- Latvia. (o. J.).** Latvia.eu. Online in Internet: URL: <http://www.latvia.eu/key-facts/politics>. Abrufdatum 24. Februar 2016.
- LE. (o. J.).** Lietuvos Energija group. Online in Internet: URL: <http://www.le.lt/en/about-us/408#about-the-lietuvos-energija-group>. Abrufdatum 24. Februar 2016.
- LH. (2011.).** Lietuvos Hidroenergetika. Hydropower in Lithuania, 2006-2011: URL: [http://www.lsta.lt/files/Leidiniai/Lietuvos%20HIDROENERGETIKA/Knyga\\_Lietuvos%20HIDROENERGETIKA.pdf](http://www.lsta.lt/files/Leidiniai/Lietuvos%20HIDROENERGETIKA/Knyga_Lietuvos%20HIDROENERGETIKA.pdf). Abrufdatum 24. Februar 2016.
- LIAA. (o. J.).** Investment and Development Agency of Latvia. Online in Internet: URL: <http://www.liaa.gov.lv/trade/latvia-facts>. Abrufdatum 24. Februar 2016.
- LIAA. (2014).** Investment and Development Agency of Latvia. Online in Internet: URL: <http://www.liaa.gov.lv/trade/foreign-trade-statistics>. Abrufdatum 24. Februar 2016.
- Litgrid. (o. J. )** Litgrid AB, Lithuanian electricity transmission system operator. Online in Internet: URL: <http://www.litgrid.eu/index.php/about-us/activities/599>. Abrufdatum 24. Februar 2016.
- Lietuva. (o. J.).** Lietuva.lt. Tatsachen über Litauen. Online in Internet: URL: [https://www.lietuva.lt/de/ber\\_litauen/tatsachen\\_ber\\_litauen](https://www.lietuva.lt/de/ber_litauen/tatsachen_ber_litauen). Abrufdatum 24. Februar 2016.
- Lietuva. (o. J.).** Lietuva.lt. Geschichte. Online in Internet: URL: [https://www.lietuva.lt/de/ber\\_litauen/geschichte](https://www.lietuva.lt/de/ber_litauen/geschichte). Abrufdatum 24. Februar 2016.

- Lietuva. (o. J.).** Lietuva.lt. Regierung und Politik. Online in Internet: URL: [https://www.lietuva.lt/de/ber\\_litauen/regierung\\_und\\_politik](https://www.lietuva.lt/de/ber_litauen/regierung_und_politik). Abrufdatum 24. Februar 2016.
- NCC. (o. J.).** National Commission for Energy Control and Prices. Online in Internet: URL: <http://www.regula.lt/en/Pages/default.aspx>. Abrufdatum 24. Februar 2016.
- NSD. (o. J.).** Norwegian Centre for Research Data. Administrative Division of Latvia Online in Internet: URL: [http://www.nsd.uib.no/european\\_election\\_database/country/latvia/administrative\\_divisions.html](http://www.nsd.uib.no/european_election_database/country/latvia/administrative_divisions.html). Abrufdatum 24. Februar 2016.
- NSD. (o. J.).** Norwegian Centre for Research Data. Administrative Division of Lithuania Online in Internet: URL: [http://www.nsd.uib.no/european\\_election\\_database/country/lithuania/administrative\\_divisions.html](http://www.nsd.uib.no/european_election_database/country/lithuania/administrative_divisions.html). Abrufdatum 24. Februar 2016.
- OSP. (2015).** Official Statistic Portal, 2015. Online in Internet: URL: <http://osp.stat.gov.lt/en/statistiniu-rodikliu-analize?portletFormName=visualization&hash=694d88d0-4f23-4711-b90b-dd3ef5272fa5>. Abrufdatum 24. Februar 2016.
- OSP. (2015a).** Official Statistic Portal, 2015. Online in Internet: URL: <http://osp.stat.gov.lt/en/statistiniu-rodikliu-analize?portletFormName=visualization&hash=5ccd20b4-6f90-493a-83d5-7d9f06cc2dfa>. Abrufdatum 24. Februar 2016.
- RS. (2013).** Rigas Siltums. Imanta Power Plant, 16.10.2009. Online in Internet: URL: [http://www.lsta.lt/files/events/2010-10-12\\_Ryga/2\\_Imanta%20plant%20presentation%2012%2010%202010.pdf](http://www.lsta.lt/files/events/2010-10-12_Ryga/2_Imanta%20plant%20presentation%2012%2010%202010.pdf). Abrufdatum 24. Februar 2016.
- SCHROETER. (2012).** Energiejournalist. Estland baut seine Ölschiefer-Kraftwerke aus, 08. Juni 2012. Online in Internet: URL: <http://stefanschroeter.com/426-estland-baut-seine-oelschiefer-kraftwerke-aus.html>. Abrufdatum 15. September 2016.
- ST. (o. J.).** “Sadales tīkls“. Online in Internet: URL: [http://www.sadalestikls.lv/eng/par\\_as\\_\\_sadales\\_tikls\\_/par\\_uznemumu/mission\\_and\\_vision/](http://www.sadalestikls.lv/eng/par_as__sadales_tikls_/par_uznemumu/mission_and_vision/). Abrufdatum 24. Februar 2016.
- Statista. (2016).** Das Statistik Portal. Wachstum des Bruttoinlandsprodukts (BIP) in Estland bis 2015, 2016. Online in Internet: URL: <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/14561/umfrage/wachstum-des-bruttoinlandsprodukts-bip-in-estland/>. Abrufdatum 24. Februar 2016.

**Statista. (2016a).** Das Statistik Portal. Wachstum des Bruttoinlandsprodukts (BIP) in Lettland bis 2015, 2016. Online in Internet: URL:

<http://de.statista.com/statistik/daten/studie/310713/umfrage/wachstum-des-bruttoinlandsprodukts-bip-in-lettland/>. Abrufdatum 24. Februar 2016.

**Statista. (2016b).** Das Statistik Portal. Wachstum des Bruttoinlandsprodukts (BIP) in Litauen bis 2015, 2016. Online in Internet: URL:

<http://de.statista.com/statistik/daten/studie/309816/umfrage/wachstum-des-bruttoinlandsprodukts-bip-in-litauen/>. Abrufdatum 24. Februar 2016.

**The Windpower. (o. J.).** The Windpower, Wind Energy Market Intelligence. Datenbank über Windkraftanlagen und Windparks. Online in Internet: URL:

[http://www.thewindpower.net/windfarms\\_list\\_de.php](http://www.thewindpower.net/windfarms_list_de.php). Abrufdatum 24. Februar 2016.