

Abstract (English)

This doctoral thesis is dedicated to understanding the effects of regulations fostering research and development (R&D) activities in the energy sector. The regulated nature of the energy sector, in which its remuneration and level of competition are determined by the National Regulatory Authorities (NRA), and the existence of sunk costs, large-scale infrastructure, contribute to low incentives to invest in R&D. However, energy firms and particularly utilities in distribution and transmission, are facing increasing pressures to modernize and incorporate new technologies due to the energy transition. Given the increasing amount of renewables and distributed generation, utilities require to have a more active role in managing the grid. To perform this new task, utilities must incorporate new technologies and skills, such as smart metering, data handling, demand side management, active grid management, electric vehicle charging infrastructure, and local and regional integration of energy systems. To support the utilities in overcoming structural challenges related to integrating these technologies into their business, many National Regulatory Authorities have implemented regulations incentivizing R&D investments. Despite the considerable amount of financial resources dedicated to the R&D regulations in energy firms, there is still a lack of studies assessing their impact. This doctoral thesis provides evidence of the impact of these regulations using qualitative and quantitative methods, such as difference-in-difference and synthetic control. It consists of three studies: The first present paper assesses the average impacts of such R&D regulations in 21 European countries. The second studies constitute more in-depth country case studies of the United Kingdom and Italy evaluating the effect of specific regulatory instruments. The third is a case study focused on the Brazilian energy firms - electricity and piped gas - and with a qualitative approach, it analyses the impact of the "narrow" version of Porter's Hypothesis to understand if environmental regulations influence the R&D investments of the energy firms. The thesis's main results indicate an average positive impact on innovation outputs (patents) and inputs (R&D projects) as a result of the introduction of R&D regulations. However, there are variations across countries and also by type of policy instrument. For example, the second study shows that UK's cost-pass through regulation was much more successful in fostering innovation than Italy's weighted average cost of capital (WACC) regulation. Based on the empirical findings, it can be concluded that introducing regulatory tools that directly address the incentives to innovate appears to be more efficient in supporting innovation in regulated energy segments than indirect regulations that use existing remuneration structures (e.g., WACC premium in Italy). Furthermore, fostering or even requiring cooperation with other stakeholders, particularly suppliers might promote more innovation in the sector.

Zusammenfassung (Deutsch)

Diese Doktorarbeit widmet sich dem Verständnis der Auswirkungen von Regulierungen zur Förderung von Forschungs- und Entwicklung (F&E) im Energiesektor. Der regulierte Charakter des Energiesektors, in dem die Vergütung und das Wettbewerbsniveau von den nationalen Regulierungsbehörden (NRB) festgelegt werden, und die irreversiblen Kosten für maßgeschneiderte, groß angelegte Infrastrukturen tragen dazu bei, dass die Anreize für Investitionen in F&E gering sind. Energieunternehmen und insbesondere die Versorger in den Bereichen der Stromverteilung und -übertragung sind jedoch aufgrund der Energiewende einem zunehmenden Druck zur Modernisierung und zur Einführung neuer Technologien ausgesetzt. Angesichts des steigenden Anteils erneuerbarer Energien und vermehrter dezentraler Erzeugung müssen die Versorgungsunternehmen eine aktivere Rolle bei der Verwaltung des Netzes übernehmen. Darüber hinaus müssen die Versorgungsunternehmen neue Technologien und Fähigkeiten in ihr operatives Geschäft einbeziehen, z. B. intelligente Messsysteme, Datenverarbeitung, Nachfragesteuerung, aktives Netzmanagement, Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge und lokale und regionale Integration von Energiesystemen. Um die Versorgungsunternehmen bei der Bewältigung dieser strukturellen Herausforderungen zu unterstützen, haben viele nationale Regulierungsbehörden Regulierungen zur Förderung von F&E-Investitionen erlassen. Trotz der beträchtlichen finanziellen Mittel, die für die F&E-Regelungen bereitgestellt werden, gibt es immer noch einen Mangel an Studien zur Bewertung ihrer Auswirkungen. Diese Doktorarbeit liefert Evidenz für die Auswirkungen dieser Vorschriften unter Verwendung qualitativer und quantitativer Methoden, wie „Difference-in-Differences“ und „synthetic control“. Sie besteht aus drei Studien: In der ersten Studie werden die durchschnittlichen Auswirkungen solcher F&E-Regulierungen in 21 europäischen Ländern untersucht. Die zweite Studie besteht aus tiefer gehenden Länderfallstudien über das Vereinigte Königreich und Italien, in denen die Auswirkungen spezifischer Regulierungsinstrumente bewertet und verglichen werden. Die dritte Fallstudie konzentriert sich auf brasilianische Energieunternehmen im Strom- und Gassektor und analysiert mit einem qualitativen Ansatz die Auswirkungen der "engen" Version der Porter-Hypothese, um zu verstehen, ob Umweltregulierungen die F&E-Investitionen der Energieunternehmen beeinflussen. Die Hauptidee der Arbeit zeigt, dass sich die Einführung von F&E-Regulierungen im Durchschnitt positiv auf den Innovationsoutput (Patente) und den Input (F&E-Projekte) auswirkt. Es gibt jedoch Unterschiede zwischen den einzelnen Ländern und auch zwischen den einzelnen Arten von politischen Instrumenten. Zum Beispiel zeigt die zweite Studie, dass die britische Regelung der Kostenweitergabe an Kunden bei der Förderung von Innovationen sehr viel erfolgreicher war als die italienische Regelung der gewichteten durchschnittlichen Kapitalkosten (WACC). Auf der Grundlage der empirischen Ergebnisse kann geschlossen werden, dass Regulierungsinstrumente, die direkt auf die Innovationsanreize abzielen, bei der Förderung von Innovationen in regulierten Energiesegmenten effizienter zu sein scheinen als indirekte Regulierungen, die bestehende Vergütungsstrukturen nutzen (z. B. WACC-Prämie in Italien). Darüber hinaus könnte die Förderung oder sogar das Erfordernis der Zusammenarbeit mit anderen Stakeholdern, insbesondere mit Zulieferern, zu mehr Innovation in diesem Sektor führen.

Resumo (Português)

Esta tese de doutorado dedica-se a compreender os efeitos das regulamentações que promovem as atividades de pesquisa e desenvolvimento (P&D) no setor de energia. Devido à natureza regulada destes setores, no qual sua remuneração e nível de competição são determinadas pela Autoridade Reguladora Nacional, e em razão da existência de *sunk costs*, constituírem pesados investimentos em infraestrutura, tais fatores conduzem a um baixo nível de investimento em P&D. Entretanto, as empresas de energia, especialmente no segmento de distribuição e transmissão, estão enfrentando pressões crescentes para se modernizarem e incorporarem novas tecnologias. Este processo requer um papel mais ativo no gerenciamento da rede, dada a crescente participação das energias renováveis e da geração e armazenamento distribuídos. Além disso, as empresas de energia precisam incorporar novas tecnologias e habilidades em seus negócios, tais como medição inteligente, manuseio de dados, gerenciamento do lado da demanda, gerenciamento ativo da rede, infraestrutura de carregamento de veículos elétricos e integração local e regional de sistemas de energia. Para superar os desafios estruturais das empresas de energia para investir em atividades de P&D, muitas autoridades regulatórias têm implementado regulações para criar incentivos ao investimento em P&D. Apesar da considerável quantidade de recursos financeiros dedicados a essas regulações de P&D em empresas de energia, faltam de estudos dedicados a avaliar seu impacto. Tendo em vista esta lacuna, a presente tese de doutorado fornece evidências do impacto desta regulações utilizando métodos qualitativos e quantitativos, tais como diferenças-em-diferenças, e controle sintético. Sendo assim, a tese consiste em três estudos: o primeiro estudo avalia os impactos de regulações que incentivam o P&D em 21 países europeus. O segundo estudo constitui um estudo de caso mais aprofundado do Reino Unido e da Itália, avaliando o efeito de instrumentos regulatórios específicos. O terceiro artigo é um estudo de caso focado nas empresas brasileiras de energia - eletricidade e gás canalizado - com uma abordagem qualitativa analisa o impacto da versão "estreita" da Hipótese de Porter para entender se as regulações ambientais influenciam os investimentos de P&D das empresas de energia. Os principais resultados da tese indicam um impacto positivo médio nos resultados da inovação (patentes) e nos insumos (projetos de P&D), como resultado da introdução das regulamentações de P&D. Entretanto, há variações entre os países e também por tipo de instrumento de política. Por exemplo, o segundo estudo mostra que a passagem de custos através da regulamentação do Reino Unido foi muito mais bem sucedida no fomento da inovação do que a regulamentação do custo médio ponderado de capital (WACC) da Itália. Com base nas conclusões empíricas, pode-se concluir que a introdução de ferramentas regulatórias que abordam diretamente os incentivos à inovação parece ser mais eficiente no apoio à inovação em segmentos de energia regulados do que as regulamentações indiretas que utilizam estruturas de remuneração existentes (por exemplo, WACC prêmio na Itália). Além disso, fomentar ou mesmo exigir a cooperação com outras partes interessadas, em particular com fornecedores, pode promover mais inovação no setor.