

Der Beitrag von Forschung, Technologie und Innovation zur Lösung der Grand Challenges: Zeit für ein Ende der naiven FTI-Politik

Hannes Leo

Popuphub.at by BMK

Wien, Mai 2022

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	1
1. Einleitung	2
2. Interventionslogik von FTI-Politik	4
3. Sollen Klima und Ressourcen im FTI-Bereich gemainstreamt werden?	7
3.1 Innovationspolitik und Nebenwirkungen auf Klima und Ressourcen: Wie ist die Gesamtbilanz?	7
3.2 Status quo: Makrointerventionen oder mainstreaming?	11
4. Wurde Klima etc. schon gemainstreamt?	12
4.1 Direkte und indirekte bottom-up-Förderungen (inkl. thematische Programme)	13
4.2 Policy Mix: zwischen Strategien und Missionen	14
5. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	16
6. Literatur	18

Der Beitrag von Forschung, Technologie und Innovation zur Lösung der Grand Challenges: Zeit für ein Ende der naiven FTI-Politik

1. Einleitung

Die Idee, dass Forschung, Technologie und Innovation (FTI) bei der Lösung der großen Herausforderungen der Menschheit – den sogenannten Grand Challenges – helfen, ist nicht neu. Seit Jahrzehnten dominiert dieses Narrativ FTI-politisches Handeln weltweit, so auch in Österreich. Im Entwurf für ein technologiepolitisches Konzept der österreichischen Bundesregierung aus dem Jahr 1994 (Wifo - Joanneum - Seibersdorf, (1994)) wurde eine stärkere Missionsorientierung vorgeschlagen. Photovoltaik und Elektromobilität sollten u.a. bei der Lösung der anstehenden Probleme helfen und gemeinsam mit den Vorschlägen der österreichischen CO₂-Kommission umgesetzt werden. Dieses Konzept wurde unmittelbar nach der Vorlage im Ministerrat schubladisiert. Das lag wahrscheinlich weniger an der vorgeschlagenen Missionsorientierung als an der befremdlichen Vorstellung, dass österreichische Politiker durch eine Strategie in ihrem Handlungsspielraum eingeschränkt werden könnten.

Was passiert wäre, wenn man das Konzept und die CO₂-Kommission ernst genommen hätte, wissen wir nicht. Jedenfalls sind die Elektromobilität und die Entwicklung von Technologien zur Nutzung von erneuerbaren Energien zu großen Hoffnungsträgern im Kampf gegen den Klimawandel avanciert, auch wenn Österreich kein großer Player oder innovativer Vorreiter in diesem Bereich ist.

Die Geschichten hinter dem Erfolgslauf von Elektromobilität und Photovoltaik könnten unterschiedlicher nicht sein: Elektromobilität wurde von China, einem amerikanischen Startup und einem japanischen Automobilkonzern – Tesla und Nissan - ernst genommen. Die europäische Automobilindustrie ist erst auf diesen Zug aufgesprungen als er alternativlos war, obwohl es ambitionierte Ansätze gegeben hat (BMW). Einige Produzenten “fremdeln” immer noch. Jetzt versucht man mit massiven öffentlichen Investitionen - z.B. in die Batterieproduktion - verlorenes Terrain wettzumachen.

Photovoltaik hat seit der Erfindung in den 1950er Jahren aufgrund der hohen Kosten ein Nischendasein geführt. Erst die massiven Förderungen Deutschlands Anfang der 2000er Jahre haben hier Nachfrage erzeugt. Rund um das Jahr 2010 gab es einen durch Risikokapitalinvestoren getragenen “Peak” bei den Investitionen. Die daraus resultierenden technologischen Verbesserungen, hohe Produktionseffizienz bei chinesischen Herstellern gemeinsam mit Förderprogrammen des chinesischen Staates haben zu stark sinkenden Kosten geführt. Das hat wiederum einen virtuellen Nachfragezyklus ausgelöst, der über weitere Skaleneffekte zu massiven Preissenkungen geführt hat (Rodrik, 2014, Leo - Seethaler, 2020). Mittlerweile ist mit Photovoltaik hergestellter Strom deutlich günstiger als jener der mit fossilen Energieträgern produziert wird. Der EROI¹ (energy return on investment) ist mehr als konkurrenzfähig.

¹ Der EROI misst, wieviel Energie man einsetzen muss, um die Hardware für die Energietechnologie zu produzieren und setzt diese in Bezug zur erzeugten Energie.

Diese Entwicklungen hat vor 10 Jahren niemand prognostiziert. Das ist beiden Technologien gemein. Ebenso der Umstand, dass sie nicht über Nacht entstanden sind oder das Ergebnis einer wohlüberlegten staatlichen Intervention waren. Zum Glück sind sie jetzt einsatzfähig.

Diese Beispiele motivieren trotzdem weitere Investitionen in Forschung und Entwicklung. Hinzu kommt, dass die endogene Wachstumstheorie Ökonomen (und diese dann Politikern) suggeriert hat, dass man in alle Ewigkeit wachsen kann (siehe Leo, 2022). Gerade Europa hat sich dadurch inspirieren lassen und im Rahmen der Lissabon-Strategie und der Europa 2020-Strategie eine Erhöhung der F&E-Ausgaben auf 3% des BIP angestrebt. Dass dies nicht erreicht wurde, ist bekannt. Österreich hat immerhin gezeigt, dass die Bereitschaft, viel Geld in die Hand zu nehmen, zumindest die Statistik verbessert. Der Innovationsoutput der Wirtschaft sowie die Forschungs- und Publikationsaktivitäten der Wissenschaft hinken den Investitionen hinterher, auch wenn es natürlich exzellente Unternehmen und Forschungseinrichtungen gibt.

Bei der Förderung von Investitionen in Forschung und Entwicklung wird oft übersehen, dass mit dem dadurch erzeugten Wachstum negative Effekte (Externalitäten) einhergehen. Innovationen erhöhen damit den Ressourcenverbrauch, die Emission von Treibhausgasen und - wahrscheinlich - auch soziale Ungleichgewichte. Das führt zur paradoxen Situation, dass sie die großen Probleme - Klimawandel, Ressourcenknappheit, Biodiversitätsverlust, soziale Ungleichgewichte - eher noch vergrößern, auch weil das Korrektiv über Interventionen zur Umsetzung ökologischer und gesellschaftlicher Zielsetzungen nur sehr langsam implementiert wird. Daher ist es ein plausibles Szenario, dass die FTI-Politik zwar immer neue Produkte und Dienstleistungen hervorbringt, gleichzeitig aber die Biosphäre des Planeten zerstört und die bestehenden Probleme sogar vergrößert.

Wenn es verwegen ist, - wie Einstein es formuliert hat -, anzunehmen, dass man Probleme mit derselben Denkweise lösen kann, durch die sie entstanden sind, dann stellt sich die Frage, warum man in der Wirtschaftspolitik - und insbesondere in der FTI-Politik - an den alten Paradigmen festhält. Es dominieren althergebrachte „business as usual“ (BAU)-Strategien: mehr Forschung, mehr Innovation und mehr Missionen. Dieses Muster zieht sich durch alle Politikfelder, scheint aber insbesondere in der Innovationspolitik endemisch. Der Konnex zwischen dem eigenen Handeln und den mittlerweile deutlich sichtbaren negativen Konsequenzen wird fortwährend übersehen.

Eine Ursache dafür ist die partialanalytische Betrachtungsweise, die dazu führt, dass man bei der Beurteilung der Sinnhaftigkeit von FTI-Interventionen noch weitgehend auf Wachstum und Arbeitsplätze fokussiert ist und - ähnlich wie bei der Verwendung des BIP als Wohlstandsindikator - wesentliche Nebenwirkungen ausgeblendet werden. Diese und andere Denktraditionen sind schwer zu ändern, vor allem wenn sie wohldefinierten Interessen dienen. An diesen wirtschaftspolitischen Rahmenbedingungen wurde über Jahrzehnte gebastelt und sie fußen auf Anschauungen, die von den beratenden ExpertInnen und EntscheidungsträgerInnen internalisiert wurden, ihre Position tendenziell festigen, und vor allem jenen helfen, die tatsächlich Einfluss auf die Politik nehmen können. Die Pfadabhängigkeit ist hoch. Systemtransformationen - und eine solche ist längst überfällig - machen diesen Überbau teilweise obsolet, ebenso die Institutionen, die sie geschaffen und mitgetragen haben. Obwohl nur wenige ernsthaft daran zweifeln, dass es eine Transition zu einem neuen System braucht, das die Grenzen der Biosphäre respektiert, wird diese verhindert und verzögert, weil damit die bestehenden „business models“ nicht mehr so gut funktionieren würden und die Unsicherheit steigt.

Deshalb werden so große Hoffnungen auf neue Technologien gesetzt, damit man sich dank technologischer Lösungen nicht grundsätzlich ändern muss und alles beim Alten bleiben kann. Erneuerbare Energien und die Elektromobilität erfüllen diese Voraussetzungen für einen großen Personenkreis und viele Unternehmen - aber eben nicht für alle. Dass es diesen wenigen Betroffenen

gelingt, ihre Interessen zu Lasten des Gemeinwohls durchzusetzen, wird in einigen Ländern vor Gericht geklärt (siehe beispielsweise der Prozess gegen Royal Dutch Shell in den Niederlanden).

In diesem Beitrag wird die Frage gestellt, ob auch die FTI-Politik dazu beiträgt, die Interessen dieser kleinen Gruppe zu schützen und ob es überhaupt sinnvoll ist, Interventionen im Rahmen der FTI-Politik klima-, ressourcen- und sozialverträglich zu gestalten. Möglicherweise ist es cleverer, auf Sektor- und Politikbereich-übergreifende Lösungen wie eine inklusive Karbonsteuer, ein inklusives Emissionshandelssystem oder die Implementierung einer europaweiten Kreislaufwirtschaft zu setzen?

Dabei geht es einerseits um die wirtschaftspolitische Interventionslogik: Wo setzt man welche Maßnahmen, um mit möglichst wenig Eingriffen das gewünschte Ziel zu erreichen? Andererseits wird implizit auch die Frage gestellt, inwieweit man beim Zugang zu den Fördertöpfen diskriminieren darf. Zur Beantwortung dieser Fragen werden in diesem Beitrag die Interventionslogik im FTI-Bereich diskutiert und zwei grundsätzliche Optionen herausgearbeitet. Im Anschluss wird geklärt, ob die Nebenwirkungen der FTI-Förderung überhaupt so gravierend sind, dass man sie berücksichtigen muss. Bevor resümiert werden kann, gilt es die Frage zu beantworten, ob das in der Praxis nicht ohnehin schon gemacht wird.

2. Interventionslogik von FTI-Politik

Staatliche Interventionen können auf ein breites Instrumentarium zurückgreifen, um die gesetzten Ziele zu erreichen. Man kann grob unterscheiden zwischen marktbasierenden Instrumenten, die die Anreize von Unternehmen/Organisationen und KonsumentInnen verändern, und nicht-marktbasierenden Interventionen, die Vorgaben über Gesetze, Normen und Standards machen ("Command & Control"-Ansatz) oder Informationen bereitstellen, um das Verhalten der Zielgruppe zu beeinflussen (siehe Abbildung 1).

In Österreich und insbesondere im FTI-Bereich sind Förderungen sehr oft das Instrument der Wahl. Die Zahl der Förderungen auf Bundes- und Landesebene ist groß. Laut Rechnungshof (2016) existieren zumindest 136 Forschungsprogramme von Bund und Ländern, wobei die Situation insbesondere bei den letztgenannten sehr unübersichtlich ist, weshalb auch durchaus weitere Förderprogramme existieren könnten. Die Förderung erfolgt zumeist direkt über Zuschüsse und ist auf die Angebotsseite - also die Entwicklung von neuen Technologien und Innovationen - gerichtet. Die steuerliche, indirekte Förderung hat in den letzten Jahren volumensmäßig die direkte Förderung überholt und zielt ebenso auf die Steigerung der F&E-Ausgaben und damit auf die angebotsseitige Entwicklung von Innovationen ab.

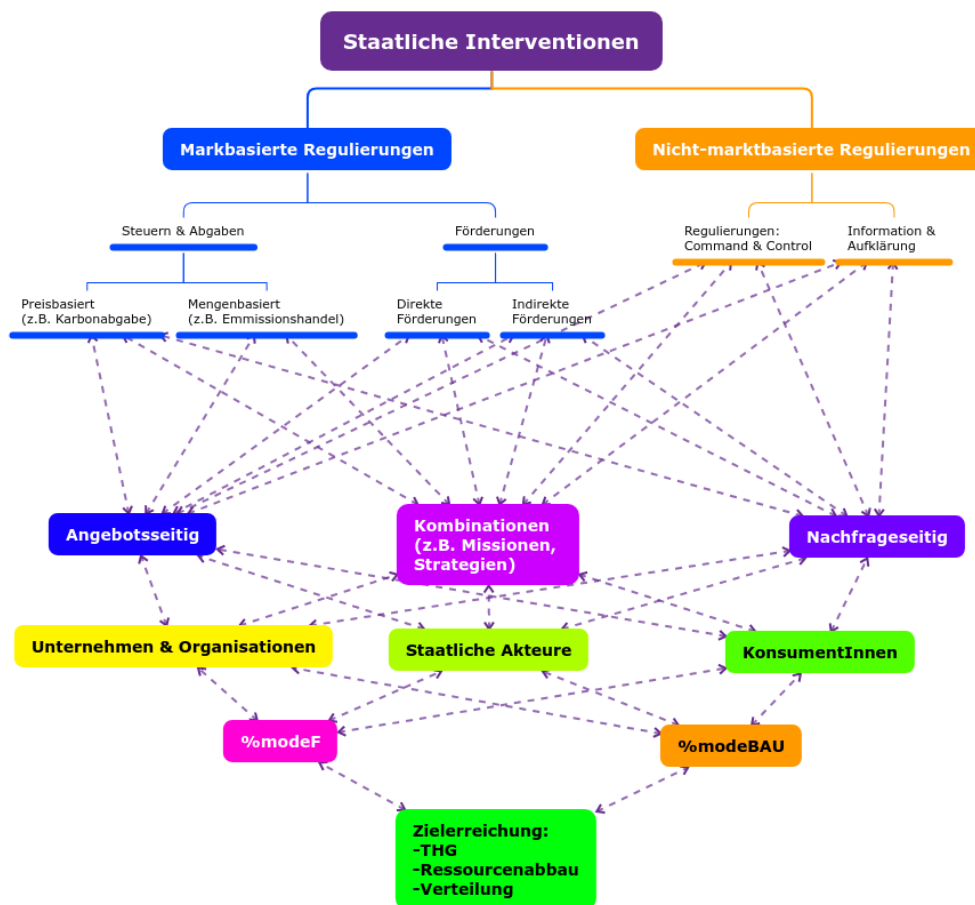
Nachfrageseitige Förderungen zur schnelleren Diffusion von Technologien waren in den letzten Dekaden nicht en vogue, weil sie in der FTI-Politik eher mit einer Catching-up-Strategie in Verbindung gebracht werden. In anderen Bereichen - wenn es beispielsweise um den Ausbau der erneuerbaren Energien in privaten Haushalten, die Förderung von Elektromobilität oder den Austausch von Heizsystemen geht -, sind sie durchaus verbreitet.

Gerade die extremen Kostensenkungen bei der Nutzung erneuerbarer Energien im letzten Jahrzehnt werden auf die gestiegene Nachfrage und den damit einhergehenden Skaleneffekten (Wright's Law) zurückgeführt. Diese wurden zwar auch durch angebotsseitige Investitionen von privaten Risikokapitalgebern ermöglicht, dürften aber vor allem durch die Erhöhung der Produktion möglich gewesen sein. Insgesamt gibt es eine Renaissance der Diffusionspolitik über Investitionsförderungen: Die als Reaktion auf die Covid-Krise eingeführte Investitionsprämie - eine unspezifische Diffusionsförderung - ebenso wie das IPCEI-Programm (Important Projects of Common European

Interest), zur Förderung von Investitionen in Schlüsselsektoren auf europäischer Ebene, deuten in diese Richtung.

Für die Gestaltung der FTI-Politik spielt sowohl der Mix zwischen angebots- und nachfrageseitigen Instrumenten als auch die Interaktionen mit weiteren Interventionen aus anderen Politikbereichen eine Rolle. Grundsätzlich sollte ein "optimaler" Instrumentenmix für eine spezifische Problemstellung angestrebt werden, unabhängig davon, in welche Zuständigkeitsbereiche die Instrumente fallen. Dafür muss sowohl innerhalb der FTI-Politik als auch über deren unmittelbare Zuständigkeiten hinaus kooperiert werden, wenn die Interventionen erfolgreich sein sollen. Ein Umstand der bis dato nur selten erfüllt wird. Hier gibt es "handwerkliche" Probleme beim Setzen von staatlichen Interventionen, die hinlänglich bekannt, aber selten adressiert werden.

Abbildung 1: Staatliche Interventionen und Zielerreichung



Die Entwicklung von staatlichen Interventionen erfolgt zumeist über offene oder verdeckte Ko-Kreationsprozesse, bei denen ein Interessenausgleich mit organisierten Gruppen stattfindet. Logischerweise werden nur Interessen von organisierten Gruppen (Interessenvertretungen, politische Parteien) berücksichtigt, woraus sich eine starke Tendenz zum Festhalten am Status Quo ergibt. Die Forderung nach mehr Partizipation, die es weniger organisierten Gruppen, BürgerInnen und auch den

Betroffenen erlauben würde, an Entscheidungsprozessen teilzunehmen und damit Einfluss auf politische Gestaltung zu nehmen, ist daher durchaus gerechtfertigt.

Die Ausrichtung des “Systems” zeigt sich besonders deutlich, wenn eine Kursänderung angestrebt wird. Beispielsweise war es in der österreichischen FTI-Politik vor einigen Jahren intendiert, in den Kreis der Innovation Leaders aufzusteigen, obwohl das FTI-System und das Bildungssystem noch im catching-up-Modus - also auf die produktivitätserhöhende Übernahme von Technologien und nicht auf die Produktion an der technologischen Grenze - ausgerichtet waren. Weil die Bereitschaft zu radikalen Reformen - und möglicherweise auch die Problemeinsicht - nicht vorhanden war, stellt sich das als eine hyperbolische Annäherung an die Gruppe der Innovation Leader dar, obwohl der Mitteleinsatz - gemessen an den Förderungen zur Erhöhung der F&E-Quote - massiv war.

Die anstehende Transformation zu einer THG-neutralen Kreislaufwirtschaft ist deutlich herausfordernder als die Produktion an der technologischen Grenze, weil die Wirtschaft, staatliche Akteure und die KonsumentInnen gleichermaßen gefordert sind. Der Europäische Green Deal, der Aktionsplan für eine Kreislaufwirtschaft (Europäische Kommission, 2020, 2022), die Europäische Strategie für Kunststoffe in einer Kreislaufwirtschaft (Europäische Kommission, 2018) und die Dekarbonisierung des Ernährungssystems wie in der Farm to Fork-Strategie (Europäische Kommission, 2020) angestrebt, definieren die Zielsetzungen für das Jahr 2030. Der für die Erreichung dieser Ziele notwendige Transformationsprozess ist zwar massiv, aber machbar.

Diese europäischen Strategien stellen tatsächlich eine Kursänderung dar, die aber noch nicht in der wirtschaftspolitischen Praxis angekommen ist. Klarerweise muss es der Fokus wirtschaftspolitischer Interventionen sein, die Zahl der Unternehmen, Organisationen, staatlichen Institutionen und KonsumentInnen, deren Verhalten mit den gesetzten Zielen kompatibel ist, soweit zu erhöhen, dass die Ziele erreicht werden. Staatliche Interventionen müssen also so gesetzt werden, dass der Anteil der AkteureInnen, die in einem zukunftsfähigen Modus (modeF) agieren, schnell wächst und der “business as usual”-Modus (modeBAU) schnell sinkt.

Etwas vereinfacht gibt es zwei wirtschaftspolitische Strategien, um diese Ziele zu erreichen:

1. Es werden Bestimmungen erlassen, die möglichst für alle Sektoren gelten und eine große Breitenwirkung entfalten. Zur Reduzierung der THG-Emissionen kann das entweder eine Karbonsteuer oder ein Emissionshandelssystem sein, das alle Emittenten betrifft. Wenn es um die Kreislaufwirtschaft geht, dann sind Vorgaben zu den Recyclingquoten, der Gestaltung von Produkten, deren Reparatur- und Recyclingfähigkeit etc. notwendig. Einfluss auf die Einkommens- und Vermögensverteilung sollte über das Steuersystem realisiert werden. Sektorspezifische Probleme, die mit diesem Ansatz nicht gelöst werden, werden mit spezifischen Regulatorien adressiert.
2. Alternativ können diese Politikziele durch ein “mainstreaming” der Vorgaben in alle Politikbereiche erreicht werden. In diesem Fall muss in jedem Politikbereich geprüft werden, wie die Auswirkungen auf die Zielgrößen sind, um die Interventionen entsprechend anzupassen.

Grundsätzlich hat man die Wahl diese Klima-, Ressourcen- oder sozialen Ziele auf einer Makroebene zu verankern oder sie zu mainstreamen. Sie auf beiden Ebenen einzuführen, macht nur Sinn, wenn sie komplementär sind. Es kann notwendig sein, zuerst zu mainstreamen und dann auf der Makroebene zu intervenieren. Idealerweise sollten diese Interventionen kompatibel sein, d.h. dass Organisationen die FTI-Interventionen auf der Mikroebene ausgesetzt waren und sich in den modeF bewegt haben, keine Probleme mit Interventionen auf der Makroebene haben. In diesem Fall kann das mainstreaming

im FTI-Bereich wieder zurückgenommen werden, weil die Umsetzung durch die Maßnahmen auf der Makroebene motiviert wird.

Die Frage, welcher Ansatz gewählt wird, ist gerade für den FTI-Bereich wesentlich, weil hier beachtliche Mittel bewegt werden und - so die Vermutung - die damit gesetzten Interventionen überwiegend auf die Erhöhung des Wachstums abzielen, wodurch die bereits erwähnten Probleme vergrößert werden und auch die unterschriebenen internationalen und europäischen Vereinbarungen nicht erreicht werden können.

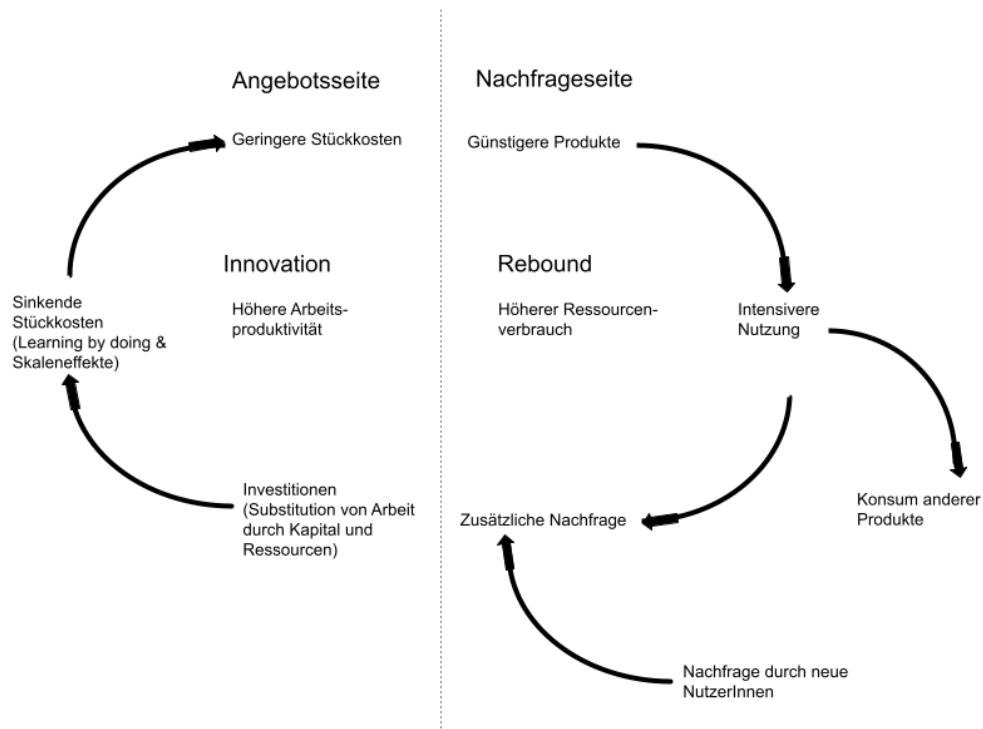
3. Sollen Klima und Ressourcen im FTI-Bereich gemainstreamt werden?

3.1 Innovationspolitik und Nebenwirkungen auf Klima und Ressourcen: Wie ist die Gesamtbilanz?

Forschung, Technologie und Innovation tragen dazu bei, dass Produkte und Dienstleistungen effizienter produziert werden. Das hat in der Vergangenheit und bis heute dazu geführt, dass viele Probleme gelöst wurden und der Wohlstand - gemessen an den verfügbaren Gütern und Dienstleistungen - in den meisten Teilen der Welt stark gestiegen ist. Die Hauptstoßrichtung und Argumentation der bisherigen FTI-Förderungen zielt dabei auf eine Erhöhung des Wirtschafts- und Produktivitätswachstum und auf neue Arbeitsplätze.

Dieses erfolgreiche Paradigma hat allerdings einen stark negativen Effekt: Bei jeder wirtschaftlichen Aktivität werden - ganz gleich wie innovativ sie ist - Rohstoffe und (fossile) Energien verwendet. Wenn staatliche Interventionen im FTI-Bereich erfolgreich sind und Wachstum erzeugen, dann führt diese Intervention unmittelbar zu zusätzlichen negativen Externalitäten. Diese stellen ein Gegengewicht zu den positiven Effekten dar. Problematisch ist, dass in der FTI-Politik positive Externalitäten (zumeist) über Förderungen abgegolten werden, die damit verbundenen negativen Externalitäten aber nicht in das Entscheidungskalkül einfließen und auch durch Regularien auf der Makroebene kaum belastet werden. Schon aufgrund dieser Ungleichbehandlung ist es bei geförderten Projekten unklar, ob die Gesamtbilanz auf Projekt- und Unternehmensebene positiv ist (siehe Ayres - Warr (2002), Binswanger (2001), Berner et al. (2021)). Klar ist hingegen, dass auf globaler Ebene die negativen Externalitäten überwiegen und das Gesamtsystem treiben.

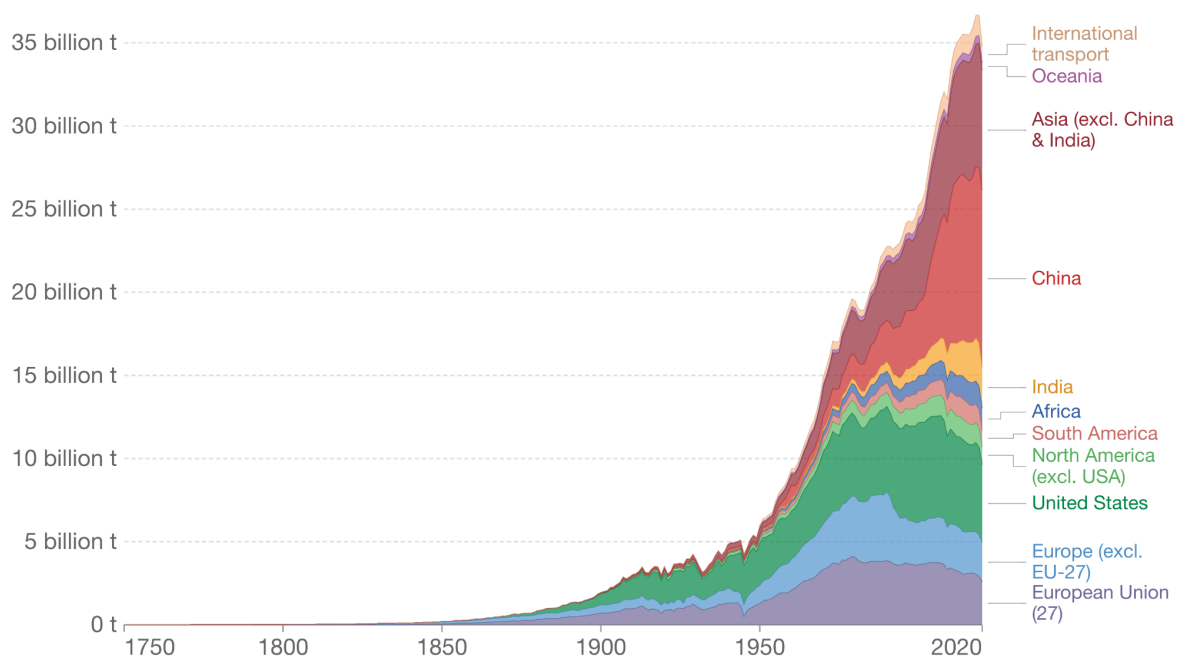
Abbildung 2: Innovation und Rebound Effekt



Im Kern geht es dabei um einen simplen Feedback-Mechanismus in der Wirtschaft, der verhindert, dass sich stabile Gleichgewichte bilden: Auf der Angebotsseite führen Innovation und besser ausgebildete Arbeitskräfte bei funktionierendem Wettbewerb zu höherer Arbeitsproduktivität und zu sinkenden Preisen oder höherer Qualität. Damit steigt wiederum die Nachfrage. Um diese zu bedienen wird investiert, wobei Innovation, Lern- und Größeneffekte weitere Preissenkungen erlauben. Auch die Mitbewerber sind zu Innovationen gezwungen, wenn sie auf- oder überholen wollen. Diese Rückkopplungsschleife zwingt zu permanenter Innovation und erzeugt Wirtschaftswachstum.

Die stetigen Effizienzgewinne bewirken, dass jede Einheit des Produkts oder der Dienstleistung günstiger hergestellt werden können. Insgesamt steigt aber der Ressourcen- und Materialverbrauch und die damit zusammenhängenden Emissionen weiter an. Die innovationsbedingten Effizienzgewinne werden durch die Wachstumseffekte überkompensiert. Auf globaler Ebene wird diese durch die nicht erfolgte absolute Entkopplung zwischen Wachstum und Ressourcenverbrauch sichtbar (siehe Jackson (2017), Altenburg - Rodrik (2017), Leo (2022)). Dies spiegelt sich im globalen Treibhausgasausstoß (Abbildung 3) wieder.

Abbildung 3: Globale Treibhausgasemissionen aus der Nutzung fossiler Energieträger



Source: Global Carbon Project

OurWorldInData.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions • CC BY

Note: This measures CO₂ emissions from fossil fuels and cement production only – land use change is not included. 'Statistical differences' (included in the GCP dataset) are not included here.

Auch in der Analyse der globalen Ressourcenströme von Haas et al. (2020) ist keine Dematerialisierung zu beobachten und - nach aktuellen Prognosen - nicht zu erwarten. Vielmehr zeigt sich, dass sich der jährliche Ressourcenverbrauch zwischen 1900 und 2015 mehr als verzehnfacht hat - von 7,6Gt/Jahr auf 95,0 Gt/Jahr. Die Emissionen und Abfälle dieses Prozesses beliefen sich auf 48Gt im Jahr 2015. 1900 waren es noch 5 Gt.

Ähnliches gilt für den Ressourcenabbau. 2008 wurden 70 Mrd. metrische Tonnen an Rohstoffen abgebaut, 40% davon werden international gehandelt. Basierend auf einer Materialstromanalyse von 186 Ländern finden Wiedmann et al. (2013), dass der Ressourcenverbrauch bei einem 10%igen BIP-Wachstum um 6% ansteigt. Der Handel mit Rohstoffen hat in den letzten 30 Jahren um den Faktor 2,5 zugenommen. 26% der globalen CO₂-Emissionen, 30% der gefährdeten Arten, und 32% der knappen Wasserressourcen sind mit dem Abbau von Rohstoffen verbunden. Von einer Dematerialisierung der Wirtschaft ist nichts zu beobachten.

Für diese ungünstigen Wirkung von Innovationen auf Ressourcenverbrauch und der Treibhausgase, ist neben den Wachstumswirkungen von Innovationen (bzw. des technologischen Fortschritts), der durch Innovationen ausgelöste Rebound Effekt verantwortlich. Ohne Berücksichtigung des Rebound Effekts fällt die Beurteilung von Innovationen zu positiv aus.

Der Rebound Effekt (siehe Abbildung 2) bezieht sich auf die paradoxe Entwicklung des Energieverbrauchs: obwohl die Geräte immer effizienter werden, sinkt der Energieverbrauch insgesamt nicht so stark wie es die Effizienzsteigerungen erwarten lassen. Die durch die höhere Effizienz gesunkenen Betriebskosten führen zu intensiverer Nutzung der Produkte (z.B. mehr gefahrene Kilometer, weil der Treibstoffverbrauch des Autos pro gefahrenem Kilometer gesunken ist) oder zu Neukäufen, die durch die Einsparungen aus den geringeren Energiekosten finanziert werden können. Dies führt ebenfalls zu höheren Energie- und Ressourcenverbrauch (für eine präzise Definition des Rebound Effekts siehe Gillingham et al., 2014).

Der Rebound Effekt kann entweder auf der Mikro- oder Makroebene (hier relevant) berechnet werden. In der Literatur gibt es sowohl unterschiedliche Definition als auch Methoden, um den Effekt empirisch zu schätzen und - wie es scheint - zwei Lager, die alternativ davon überzeugt sind, dass der Rebound Effekt generell sehr hoch (50% - >100%) oder niedrig (10 - 20%) ist.

Eine Übersicht über empirische Schätzungen des Rebound Effekts geben Brockway et al. (2020): Makroökonomische Modelle schätzen den Rebound Effekt im Durchschnitt auf 62%, ökonometrische Studien auf 104% und Growth Accounting-Ansätze auf 46%. Die Annahme, dass der Effekt 50% oder mehr beträgt, scheint gut abgesichert. Damit werden also zumindest 50% der Einsparungen allein durch den Rebound Effekt wieder aufgehoben.

Den Rebound Effekt kann man analog auf wachstumssteigernde Innovationen anwenden, weil diese ja auch zu höherer Effizienz durch optimierten Ressourceneinsatz und niedrigeren Preisen führen können. Wichtig ist hier die Bewertung dieser Entwicklung: Die von der FTI-Politik intendierte Erhöhung des Wirtschaftswachstums ergibt sich aus einem erhöhten Einsatz von Ressourcen und Energie. Der Herstellungsprozess der Produkte wird zwar immer effizienter; die Einsparungen auf der Produktebene werden aber durch die erhöhte Produktion und den damit verbundenen (negativen) Externalitäten überkompensiert. Gut sichtbar ist das bei den CO₂-Emissionen. Obwohl diese pro Einheit des BIP über die letzten Jahrzehnte kontinuierlich um rund 1,5% pro Jahr gesunken sind (siehe Nordhaus, 2018), ist der Ausstoß insgesamt kontinuierlich gestiegen (siehe Abbildung 3).

Dieser Effekt ist wahrscheinlich auch bei vielen „nachhaltigen“ Produkten im Bereich der Umwelttechnologie zu beobachten. Binswanger (2001) hat untersucht, ob der Rebound Effekt nicht auch die Umwelt- und Ressourcenwirkungen bei bewusst nachhaltigen Produkten ins Gegenteil verkehren kann. Er kommt zum Schluss, dass auch in diesem Fall nicht erwartet werden kann, dass der Energieverbrauch zurückgeht, obwohl dies gemeinhin erwartet wird (siehe dazu auch Ayres – Warr, 2002 und Berner et al. 2021). Binswanger argumentiert, dass es zusätzlich einer Energiebesteuerung bedarf, wenn tatsächlich der Energieverbrauch reduziert werden soll.

Üblicherweise wird versucht den Rebound-Effekt mit Verhaltensänderungen zu bekämpfen (z.B. Energiesparen). Wenig deutet darauf hin, dass diese Versuche erfolgreich waren. Naheliegender ist es, die negativen Effekte des Rebound-Effekts zu verhindern oder zumindest abzuschwächen, indem vollständig auf erneuerbare Energien umgestellt wird und eine Dematerialisierung der Wirtschaft durch einen steigenden Anteil digitaler Produkte, wenig energie- und ressourcenintensive Dienstleistungen und durch eine funktionierende Kreislaufwirtschaft erreicht wird. In diesem Fall bleibt der Rebound Effekt bestehen, richtet aber keinen Schaden an.

Wichtig ist die Einsicht, dass Energie- und Ressourceneffizienz nicht nur für einen Teil der Wirtschaft gelten kann, sondern für alle TeilnehmerInnen verpflichtend sein muss. Irritierend sind daher auch Politikinterventionen, wie beispielsweise die Recovery-Programme nach der Finanzkrise 2008 und der Covid-Pandemie, die ökologisch vertretbare Interventionen nur für einen Teil der zugeteilten Mittel verlangen. Weder ist sichergestellt, dass die Investitionen in diesem Bereich, mit den gegebenen Bewertungsmaßstäben, tatsächlich zu den gewünschten Effekten führen, noch ist nachvollziehbar, warum eine Reduktion Ressourcenverbrauchs und eine Umstellung der Energie auf erneuerbare Energieträger nicht für alle Investitionen verpflichtend sein soll.

Die Forderung nach einem deutlich sparsameren Umgang mit Energie und Ressourcen muss für alle Produkte (und nicht nur „nachhaltige“ Produkte) gelten, wenn die gesetzten Ziele des Green Deals oder der Kreislaufstrategie erreicht werden sollen. Ansonsten führen die Wachstumseffekte von Innovationen in Kombination mit dem Rebound Effekt zu weiterhin steigendem Energie- und Ressourcenverbrauch und Emissionen. Dass etwaige positive Externalitäten - d.h. im Klartext: eine

Erhöhung des Wachstums - durch diese Effekte ins Gegenteil verkehrt werden, ist offensichtlich: Die Behauptung, dass die Auswirkungen von Innovation und damit Wachstum auf Klimawandel oder Rohstoffverbrauch überwiegend negativ und auf globaler Ebene gut sichtbar sind, ist nicht gewagt. Mehr als 200 Jahre innovationsinduziertes Wirtschaftswachstum gemeinsam mit dem Wachstum der Weltbevölkerung haben zur dramatischen Anreicherung von Treibhausgasen in der Atmosphäre, zum rapide gestiegenen Ressourcenabbau, zur Zerstörung der Biosphäre und zu sozialen Ungleichgewichten geführt.

3.2 Status quo: Makrointerventionen oder mainstreaming?

Das dominante Denkmodell sieht Belastungen (z.B. Karbonsteuern) oder Mengenbeschränkungen (z.B. Emissionshandelssystem) zur Bekämpfung von negativen Klimaexternalitäten vor. Diese müssten so austariert werden, dass die Verpflichtungen, die man im Rahmen des Pariser Klimaabkommen unterzeichnet hat oder vom Green Deal vorgegeben werden, erreicht werden. Bei der Kreislaufwirtschaft setzt man auf verbindliche Recyclingquoten und die Verlängerung der Produktlebensdauer. Vermögens- und Erbschaftssteuern ebenso wie Verpflichtungen zur Begrenzung der innerbetrieblichen Lohnspreizung (zwischen einfachen MitarbeiterInnen und Führungskräften) helfen bei der Reduzierung sozialer Ungleichgewichte.

Die breite Umsetzung dieser Vorgaben ist aber schleppend - sowohl auf europäischer als auch auf nationalstaatlicher Ebene. Der Green Deal hat zwar eine klare Vorgabe für Europa gemacht (-55% THG-Emissionen), diese wurden aber nur teilweise auf die Unternehmensebene heruntergebrochen. Lediglich das Europäische Emissionshandelssystem funktioniert weitgehend, seit die Gratzuteilung von Emissionsrechten eingeschränkt wurde. Ähnliche Systeme für noch nicht vom Emissionshandel erfasste Bereiche sind in Vorbereitung. Auch die für die Etablierung der Kreislaufwirtschaft wichtige Überarbeitung der Plastik- und Plastikabfall-Direktive hat die Kommission noch nicht vorgelegt. Die Direktive zur Verlängerung der Produktlebensdauer wurde gerade vorgestellt (European Commission, 2022).

Die zögerliche Implementierung wesentlicher Teile ist auf Interventionen von Betroffenen zurückzuführen. Gerade die durch den Krieg in der Ukraine möglichen Engpässe bei Getreide, Öl- und Gas zeigen, dass einige Akteure die ersten zaghaften Schritte in Richtung der angepeilten Ziele möglichst schnell wieder rückgängig machen wollen (z.B. Reduktion des Düngereinsatzes, Rückwidmung von Brachflächen, Umstieg auf Kohle, Reaktivierung von Atomkraftwerken) und den modeBAU wiederherstellen bzw. weiterführen wollen.

Die anhaltenden Diskussionen über wesentliche Zielgrößen der europäischen und nationalen Politik sowie die fehlenden Umsetzungsbestimmungen erhöhen die Unsicherheit für Unternehmen und KonsumentInnen, weil nicht klar ist, worauf sie sich einstellen müssen. Dies hat üblicherweise zur Folge, dass weniger, später oder falsch investiert wird. Der Übergang zu einem zukunftsfähigen Verhalten (modeF) wird dadurch erschwert und von weniger Unternehmen und KonsumentInnen umgesetzt. Auch staatliche Akteure vermitteln nicht den Eindruck, dass sie in ihrem unmittelbaren Einflussbereich schon im modeF operieren.

Daraus ergibt sich, dass die fehlenden breiten Interventionen zur Reduktion von THG-Emissionen - mit Ausnahme des Emissionshandelssystems - und des Ressourcenverbrauchs ein mainstreaming in der FTI-Politik notwendig machen, damit die inhärente Wachstumsorientierung sowie die Indifferenz gegenüber steigendem Rohstoffverbrauch und sozialen Ungleichgewichten, die Zielerreichung bei Klima- und Kreislaufwirtschaftszielen nicht weiter erschweren. Anders formuliert: die FTI-Politik muss auch dazu beitragen, dass Unternehmen tatsächlich auf einen zukunftsfähigen Pfad umschwenken.

Last but not least, sind die Verteilungswirkungen von FTI-Förderungen ungenügend erforscht, wodurch die Basis für eine abschließende Beurteilung der Effekte von Interventionen im Rahmen der FTI-Politik fehlt. Grundsätzlich sollte man überlegen, wie hoch die Lohnspreizung zwischen den am schlechtesten und den am besten bezahlten MitarbeiterInnen eines Unternehmens sein darf, damit sie Förderungen erhalten können. Am ehesten kann man hier Vergleichswerte aus den sechziger, siebziger oder achtziger Jahren des vorangegangenen Jahrhunderts nehmen - also einer Zeit vor dem Aufkommen der leistungsorientierten Bezahlung von Spitzenmanagern -, um Benchmarks zu ermitteln.

Mainstreaming heißt hier, dass Interventionen immer auch dazu beitragen, dass der Anteil an Unternehmen, Organisationen, staatlichen Institutionen und KonsumentInnen im modeF rasch ansteigt. In diesem Modus

- verwenden sie bei der Produktion erneuerbare Energien und keine tierischen² Rohstoffe (siehe dazu Leo (2022), um Produkte und Dienstleistungen herzustellen, die ebenfalls mit erneuerbaren Energien betrieben werden.
- führen die verwendeten Roh- und Betriebsstoffe in einem internen Kreislaufsystem und designen langlebige Produkte, die repariert, upgecycelt und am Ende ihrer Lebenszeit wieder recycelt werden können.
- vermeiden große Lohnunterschiede zwischen Mitarbeitern und Führungskräften. Männer und Frauen erhalten den gleichen Lohn für die gleiche Arbeit.

In Abwesenheit von verbindlichen Rahmenbedingungen und Interventionen könnten Unternehmen und KonsumentInnen freiwillig in den modeF wechseln. Zwar gibt es eine Reihe von Selbstverpflichtungen bei Unternehmen bis zu einem gewissen Zeitpunkt klimaneutral zu produzieren, die Umsetzung bleibt jedoch zumeist hinter den Ankündigungen zurück. Auch verändert ein Teil der KonsumentInnen ihr Konsumverhalten, aber in Summe noch immer zu wenig, um einen belastbaren Pfad in Richtung Klimaneutralität oder Kreislaufwirtschaft erkennen zu können.

Im Rahmen von staatlichen Interventionen, insbesondere FTI-Förderungen, sollte man daher nur mehr Unternehmen/Organisationen, KonsumentInnen, staatliche Organisationen unterstützen, die sich glaubhaft in Richtung modeF bewegen bzw. bereits in diesem operieren. Dieses Prinzip sollte kurzfristig als Voraussetzung für den Erhalt einer Förderung festgelegt werden.

4. Wurde Klima etc. schon gemainstreamt?

Hier soll analysiert werden, ob das Instrumentarium der FTI-Politik schon jetzt Klima-, Ressourcen-, Biodiversitäts- und Verteilungsziele verfolgt. Zur Beantwortung dieser Fragen werden die drei wichtigsten Instrumentenkategorien analysiert: Was kann der Lösungsbeitrag von unspezifischen direkten und indirekten Förderungen, thematischen Programmen und missionsorientierten Instrumenten sein? Dabei wird auch beleuchtet in welcher Kombination und unter welchen Rahmenbedingungen der Einsatz dieser Instrumente Sinn macht bzw. wie sich die

² Gerade bei der Diskussion des Klimawandels wird der Ernährungsbereich oft übersehen. Dieser ist für rund 1/3 der globalen Treibhausgasemissionen verantwortlich. Ohne massiver Reduktion der Emissionen aus dem Ernährungsbereich sind die gegenwärtigen Klimaziele nicht erreichbar. Rund 80% des Einsparungspotentials kann durch eine Reduktion tierischer Produkte erreicht werden (The Lancet Commission, 2019). Durch die Abschaffung der Tierhaltung könnte in hochentwickelten Ländern die Fläche Europas durch Renaturierung und Aufforstung als massive Karbonsenke genutzt werden (Sun et al., 2022).

Rahmenbedingungen verändern müssten, damit man mit den derzeitigen Strategien weiterarbeiten kann.

4.1 Direkte und indirekte bottom-up-Förderungen (inkl. thematische Programme)

Direkte und indirekte bottom-up-Förderungen zielen üblicherweise auf die Generierung von neuen Produkten und Dienstleistungen ab und setzen auf der Angebotsseite an. Es geht daher vornehmlich um Innovationen. Die Markteinführungsphase dieser Innovationen, die Energie- und Ressourceneffizienz und die Auswirkungen auf Einkommens- und Vermögensverteilung spielen dabei eine Nebenrolle.

Aufgrund dieser Ausrichtung kann festgehalten werden, dass diese Programme keinen Beitrag zur Lösung der Klima- und Ressourcenproblematik leisten, weil die Effizienzgewinne durchwegs durch einen wachstumsbedingten Anstieg des Ressourcenverbrauchs, damit einhergehende höhere THG-Effekte und - auf der Nachfrageseite - den Rebound-Effekt ausgeglichen bzw. zunichte gemacht werden.

Thematische Programme fördern spezifische Technologien/Themen, die auch - aber nicht notwendigerweise - auf die Vermeidung von negativen externen Effekten hinarbeiten. Sie sind in ihrer Umsetzung und Wirkung ähnlich wie direkte Förderungen, leisten aber nur dann einen Lösungsbeitrag, wenn die teilnehmenden Unternehmen im modeF agieren. Konkret heißt das, dass Projekte, bzw. die die daraus resultierenden Produkte und Dienstleistungen, nur dann gefördert werden sollten, wenn sie mit erneuerbaren Energien betrieben werden und eine Kreislaufwirtschaft innerhalb des Unternehmens etabliert ist, die nicht durch das Produktdesign konterkariert wird, und auch die innerbetrieblichen Lohnunterschiede nicht zu hoch sind.

Der Großteil der Förderprogramme derzeit ist als unspezifisch direkt zu bezeichnen. Bei der Forschungsförderungsgesellschaft (FFG) werden rund 25% der Projekte dem Umwelttechnikbereich zugeordnet. Dieser Anteil ist in den letzten Jahren gesunken (Reinstaller, 2021). Wie schon erwähnt, dürfte nur ein Teil der geförderten Unternehmen – auch in den Umwelttechnikprogrammen - die modeF-Kriterien erfüllen, sodass der Großteil der geförderten Unternehmen über die Entwicklung von Innovationen zur Vergrößerung der Probleme beiträgt.

Ein Beitrag zur Lösung dieses Dilemmas wäre es, wenn bei direkten Förderungen im Rahmen der Projektselektion modeF-Kriterien berücksichtigt werden würden. Nur so kann ein wirkungsvolles mainstreaming implementiert werden. Ein Problem ergibt sich aus dem Umstand, dass sich der modeF auf das Gesamtunternehmen bezieht, während die FTI-Förderung immer einzelne Projekte im Fokus hat. Es ist naheliegend, modeF-Zertifizierungsstellen einzurichten, und diese Zertifizierung eine Voraussetzung für staatliche Unterstützung ist. Damit würden sowohl die Unternehmen als auch die Förderinstitutionen bei der Projektselektion entlastet. Festzuhalten ist, dass Unternehmen, die schon auf der Makroebene effizient reguliert werden, weil sie beispielsweise vom europäischen Emissionshandelssystem erfasst werden, nicht noch einmal in Hinblick auf die THG-Emissionen zertifiziert oder überprüft werden müssen.

Weil Klima-, Umwelt- und Ressourcenverbrauch sehr ungleich verteilt sind, sollte die modeF-Zertifizierung am Anfang erst ab einer bestimmten Unternehmensgröße und in spezifischen Branchen verlangt werden, dann aber sukzessive auf alle Unternehmen und Branchen ausgeweitet werden.

Grundsätzlich ist auch eine zeitversetzte Integration von Klima-, Ressourcen- und Umweltzielen vorstellbar. Vergleichsweise einfach ist die Überprüfung von Treibhausgasemissionen eines Unternehmens bzw. die Feststellung, ob es sich auf einem Pfad befindet, der die Erreichung der Ziele des European Green Deals erlaubt. Ebenso einfach kann ermittelt werden, ob tierische Produkte eingesetzt werden. Relativ unproblematisch ist auch die Prüfung der Einhaltung von öko-Design-Kriterien, die die Langlebigkeit der Produkte und - am Ende der Produktlebensdauer - deren Recycling ermöglicht. Die Integration von sozialen Kriterien hingegen ist teilweise schwierig, weil hier Benchmarks erst erarbeitet werden müssen.

In Summe können modeF-Kriterien bei der direkten Innovationsförderung relativ einfach und schnell integriert werden. Dies löst allerdings die Problematik nur teilweise, weil nicht alle Unternehmen um Innovationsförderung ansuchen. Zumindest aber würde man damit verhindern, dass die offensichtlichen gesamtgesellschaftlichen Probleme durch staatliche Förderungen noch vergrößert werden. Daher sollte eine modeF-Zertifizierung generell die Voraussetzung für die Inanspruchnahme staatlicher Unterstützungen sein.

Bei der indirekten Förderung ist die Entwicklung von Kriterien, die negative externe Effekte verhindern, nicht möglich, weil damit der zentrale Vorteil dieser Maßnahme - der einfache Zugang - verloren geht und die Überprüfung der Einhaltung der neuen Kriterien mit deutlich mehr Aufwand verbunden wäre. Daher sollte - wenn man es mit der Vermeidung von negativen externen Effekten ernst meint - die indirekte Förderung zurückgefahren oder abgeschafft werden. Diese Aussage verkehrt sich ins Gegenteil, wenn über eine unabhängige Prüfstelle sichergestellt werden würde, dass es sich bei den um Förderung ansuchenden Unternehmen um solche handelt, die bereits im modeF operieren. In diesem Fall könnte die indirekte Förderung wie bisher administriert werden. Wiederum wäre eine modeF-Zertifizierung die Voraussetzung für die Beantragung einer steuerlichen F&E-Förderung.

4.2 Policy Mix: zwischen Strategien und Missionen

Missionsorientierte (Innovations-)Programme versuchen mit einer übergreifenden Herangehensweise wissenschaftliche oder technologische Durchbrüche zu erarbeiten oder transformative Ziele umzusetzen. Bei Letzteren sollen die Strukturen oder das Verhalten in einem System geändert werden. Missionsorientierte Programme werden sehr oft in Zusammenhang mit den Grand Challenges (z.B. Umweltverschmutzung, Klimawandel, alternde Bevölkerung) als potenzielle Lösungsansätze erwähnt. Eine zentrale Herausforderung - insbesondere bei transformativen Missionen - ist die Steuerung dieser Programme, weil eine große Zahl von Interventionen von verschiedenen Akteuren koordiniert umgesetzt werden muss (Wittmann et al. (2020), ESIR (2017), JIIP (2018), Kuittinen - Polt - Weber (2018)).

Missionsorientierte Programme gehen grundsätzlich davon aus, dass komplexere Interventionen notwendig und möglich sind, wenn die Entwicklung neuer Technologien anvisiert wird³. Transformative Missionen (z.B. Dekarbonisierung zur Verhinderung des Klimawandels) oder Missionen, die das Verhalten verändern wollen, sind komplexe Interventionen und verlangen, dass sehr viele Akteure sich hinter der Zielsetzung versammeln und Entscheidungsbefugnisse an die für die Steuerung der Mission zuständige Institution abtreten bzw. einen Beitrag zur Erreichung der Mission leisten. So formulierte Missionen sind nicht von traditionellen Strategien unterscheidbar (siehe dazu die Typologie von Wittmann et al. (2020)).

³ Wenn es um die Diffusion von Technologien geht, kommt auch die Nachfrageseite ins Spiel.

Missionsorientierte Programme können theoretisch sowohl auf der Angebots- als auch Nachfrageseite intervenieren und regulatorische Interventionen setzen. Bei regulatorischen Interventionen gibt es eine Eskalationsleiter, die nahelegt, dass man mit wenig intrusiven Maßnahmen wie Selbstregulierung und -verpflichtungen startet und nur wenn diese nicht greifen, verbindlichere Maßnahmen setzt (Leo (2012)). Weil – beispielsweise - das Zeitfenster für die Verlangsamung des Klimawandels und des Artensterbens immer kleiner wird, scheinen diese “weichen” Maßnahmen weder bei der Regulierung noch bei angebots- und nachfrageseitigen Interventionen zielführend. Es gilt, ein Interventionspaket zu schnüren, das die Vorgaben durch das veränderte Zielsystem möglichst rasch in Verhaltensänderungen bei Unternehmen und BürgerInnen umwandelt.

Die bisherigen Erfahrungen auf europäischer (und auch auf nationalstaatlicher) Ebene legen nahe, dass es deutlich einfacher ist, komplexe Missionen zu formulieren, als diese zu exekutieren. Gerade im Forschungs-, Technologie- und Innovationsbereich wurden die gesetzten Ziele klar verfehlt. Missionsorientierte Programme sind deshalb ein großes Versprechen, dass mit elaborierten Strategien Politikbereich-übergreifende Lösungen erarbeitet und dann auch noch über alle Governance-Ebenen hinweg implementiert werden können.

Die Erfolgsaussichten von Missionen hängen davon ab, ob

- das Problem groß genug ist, um Partikularinteressen zu unterdrücken und dadurch koordiniertes Vorgehen zu ermöglichen;
- technologische Lösungen schon weitgehend vorhanden sind und daher schnell “einsatzreif” gemacht werden können bzw. die technologische Roadmap weitgehend vorhersehbar ist;
- das zu lösende Thema ausreichend klar formuliert ist und die Strategie der Mission von allen Beteiligten verstanden und internalisiert wird;
- die bestehenden Strukturen (z.B. Politikinterventionen) und Rahmenbedingungen berücksichtigt und entsprechend den Zielen der Mission auch verändert werden können;
- die einsetzbaren Instrumente sowohl die Angebots- als auch die Nachfrageseite adressieren können und auch regulatorische Interventionen gesetzt werden können.

Keine dieser notwendigen Voraussetzungen ist üblicherweise gegeben. Hinzu kommt, dass der Ruf nach Missionen oft den Blick auf bereits existierende Interventionen verstellt, die - wären sie koordiniert - durchaus als missionsorientierte Ansätze durchgehen könnten. In fast allen Bereichen, in denen Missionen angeregt werden, findet man in der Praxis eine Vielzahl von Interventionen, die auf die Beseitigung dieser Probleme abzielen. Schmidt - Sewerin (2019) analysieren beispielsweise den Policy Mix zur Förderung erneuerbarer Energien in neun Ländern. Sie charakterisieren die eingesetzten Instrumente in Hinblick auf deren Ausgewogenheit, Technologiespezifität und die Intensität der Technologieförderung. In Österreich - das zu den analysierten Ländern gehört - wurden 54 Instrumente identifiziert, die erneuerbare Energien im Fokus hatten. Diese wurden in unterschiedlichen Bereichen - von Bildung bis hin zu finanziellen Anreizen - eingesetzt.

Beim Versuch den Policy Mix in Bezug zur Entwicklung von erneuerbaren Technologien zu setzen, zeigten die Regressionen einen signifikant negativen Effekt der Ausgewogenheit der Interventionen auf den Anteil der erneuerbaren Energien an der Energieproduktion. Die Intensität der Maßnahmen hatte hingegen keine Wirkung auf den Anteil der Erneuerbaren. Beide Faktoren wirken also nicht wie erwartet: eine ausbalancierte und trotzdem intensive Förderung von erneuerbaren Energien hätte den Anteil der Erneuerbaren deutlich positiv beeinflussen sollen. Diese Effekte geben nicht unbedingt wieder, dass die Förderungen keine Effekte haben, sondern unterstreichen, wie schwierig es ist, die Wirkungen des gewählten Policy Mix nachzuzeichnen und zu analysieren. Das fängt bei der Entwicklung der Indikatoren, die den Policy Mix erfassen, an und hört bei der Modellierung der Wirkungen auf.

Die Probleme bei der Bewertung von missionsorientierten Programmen sind ähnlich wie bei dem hier zitierten Policy Mix für erneuerbare Energien und sind insbesondere ex ante schwierig zu antizipieren. Die Analyse der Wirkungen eines bestimmten Policy Mix/einer Mission - d.h. der Kombination von direkten und indirekten Eingriffen auf der Angebots- und Nachfrageseite in Kombination mit regulatorischen Interventionen - ist ein hochkomplexes Unterfangen. In vielen Fällen gibt es Konflikte zwischen den Instrumenten, die natürlich umso öfter auftreten, je weniger der Instrumenteneinsatz koordiniert wird (siehe dazu van den Bergh et al., 2021).

Auch für angebotsseitige FTI-Interventionen im Rahmen von Missionen gelten die schon erwähnten Wirkungsbeschränkungen, sodass der Umstieg auf oder die Nutzung von erneuerbaren Energien, die Vermeidung von negativen Externalitäten von tierischen Nahrungsmitteln und die Wirkungen auf die Ressourcennutzung jedenfalls beachtet werden müssen.

Wenn man hinzunimmt, dass missionsorientierte FTI-Programme, bei der Regulierungskomponente eher "brustschwach" sind, weil die Kompetenzen dazu meist in anderen, selten kooperierenden, Ministerien liegen, und folglich auf angebots- und nachfrageseitige FTI-Förder- und Informationsprogramme reduziert werden, dann sind sie kaum wirksamer als die bestehenden FTI-Interventionen. Es ist daher auch bei Missionen essentiell, dass nur Unternehmen gefördert werden, die im modeF agieren.

Gerade bei einigen zentralen Grand Challenges (z.B. Klimawandel) kann es nicht mehr um die Entwicklung radikal neuer Technologien gehen, weil diese viel zu lange dauert, sondern um den schnellen Einsatz von bereits vorhandenen Technologien geht. Hierbei - und das zeigt die Photovoltaik und Windenergie sehr deutlich - liegen die zentralen Innovationen schon Jahrzehnte zurück. Die rezenten Kostenreduktionen dieser Technologien sind auf die erhöhte Nachfrage und weniger auf die FTI-Investitionen zurückzuführen. Glücklicherweise sind die erforderlichen Technologien bereits vorhanden und müssen „nur“ ausgerollt werden.

Natürlich können und werden diese Technologien immer weiter verbessert; sie sind aber kein Showstopper bei der Lösung der Klimakrise. Die Änderung der regulatorischen Rahmenbedingungen ist hier die zentrale Herausforderung und diese liegt klar außerhalb der Kernkompetenz des FTI-Bereichs.

5. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Forschung, Technologie und Innovation werden oft als wesentliche Instrumente zur Lösung der großen gesellschaftlichen Herausforderungen gesehen. Das gängige Narrativ zeichnet ein zumeist unhinterfragt positives Bild vom potenziellen Nutzen von FTI. Insbesondere bei der Verlangsamung des Klimawandels, aber auch beim schonenden Umgang mit nicht erneuerbaren Rohstoffen erwartet man maßgebliche Lösungsbeiträge.

Hier wurde argumentiert, dass FTI grundsätzlich Produkte verbilligt und/oder deren Eigenschaften verbessert. Dies führt zu Wirtschaftswachstum und zu höheren Energie- und Ressourcenverbrauch. Damit steigen aber auch negative Externalitäten, obwohl die Produktionsprozesse selbst ständig effizienter werden. Kombiniert mit dem Rebound-Effekt auf der Nachfrageseite resultiert das in global ansteigenden Treibhausgasemissionen, steigendem Rohstoffverbrauch, zunehmendem Verlust an Biodiversität und sich vergrößernden Einkommens- und Vermögensunterschieden. Die Wachstumswirkungen von FTI tragen ganz wesentlich zu diesen Entwicklungen bei. Folglich sind auch die FTI-politischen Förderinstrumente – entgegen ihrer eigentlichen Intention – Teil des Problems und nicht der Lösung.

Möglicherweise haben die überraschenden Eigenschaften von erneuerbaren Energien, die Strom mittlerweile deutlich günstiger produzieren als fossile Energieträger, und die Elektromobilität, die den Treibhausgasausstoß des Verkehrssektors deutlich reduzieren, die Erwartung geschürt, dass Technologien Lösungen für die anstehenden Probleme liefern werden. Dabei wird übersehen, dass die Entwicklung dieser Technologien eher erratisch verlaufen ist, nicht das Ergebnis gezielter staatlicher Interventionen darstellt und schon gar nicht kurzfristig erfolgt ist.

Erstaunlicherweise ist es relativ einfach mit negativen Externalitäten und Rebound-Effekten im Rahmen der Innovationspolitik umzugehen, wenn die Zielsetzung etwas verschoben wird. Dazu müsste der Anteil der Unternehmen, deren Produkte und Produktionsweisen in Einklang mit den bis 2030 gesetzten Zielen stehen, stark erhöht werden. Dieser Modus - hier modeF genannt - vermeidet die negative Externalitäten aus dem Rebound-Effekt und reduziert den Ressourcenverbrauch durch langlebige und leicht recycelbare Produkte. Konkret bedeutet das, dass in diesem Modus

- bei der Produktion erneuerbare Energien und keine tierischen Rohstoffe verwendet werden, um Produkte und Dienstleistungen herzustellen, die ebenfalls mit erneuerbaren Energien betrieben werden;
- die verwendeten Roh- und Betriebsstoffe in einem internen Kreislaufsystem geführt werden und langlebige Produkte entwickelt werden, die repariert, upgecycelt und am Ende ihrer Lebenszeit wieder recycelt werden können;
- große Lohnunterschiede zwischen Mitarbeitern und Führungskräften vermeiden und dafür Sorge tragen wird, dass Männer und Frauen den gleichen Lohn für die gleiche Arbeit erhalten.

Diese Vorgangsweise ist naheliegend, weil die Interventionen auf der Makroebene über preis- oder mengenbasierte Interventionen (Karbonabgabe, Emissionshandel) zu langsam umgesetzt werden. Es macht deshalb keinen Sinn, die problematischen Wirkungen unseres Wirtschaftssystem auf die Biosphäre durch die Fortsetzung der gegenwärtigen Innovationsförderungen noch weiter zu verschärfen. Obwohl es in der Innovationsförderung Programme gibt, die auf Nachhaltigkeit und eine verbesserte Umwelt abzielen, will der Großteil der Interventionen weiterhin das Wirtschaftswachstum erhöhen und negiert die damit zusammenhängenden Umweltwirkungen. Bei der FFG werden nur bei rund 25% der verteilten Mittel Umweltziele verfolgt (Reinstaller, 2021) und es ist unklar, ob die geförderten Unternehmen im modeF operieren. Vielmehr ist zu erwarten, dass ein Teil dieser Umweltprogramme mit den gleichen Problemen behaftet ist, wie traditionelle Innovationsförderungen. Wenn man Klima- und Umweltziele ernst nehmen würde, dann müssten die oben formulierten Kriterien bei allen Programmen integriert sein.

Auch wenn das mainstreaming von Klima- und Ressourcen-Zielen in der Innovationspolitik relativ einfach möglich ist, muss darauf hingewiesen werden, dass damit nur jene Unternehmen erreicht werden, die dort Anträge stellen. Eine breite Karbonabgabe oder ein umfassendes Emissionssystem sind hier die Instrumente der Wahl, ebenso wie wirkungsvolle Bestimmungen zur Umsetzung des Green Deals und einer umfassenden Kreislaufwirtschaft. In beiden Politikbereichen müssen die Instrumente so kalibriert werden, dass die Ziele erreicht werden. Mit dem mainstreaming von Klima- und Umweltzielen in der Innovationspolitik wird lediglich verhindert, dass Förderungen in diesem Bereich als Brandbeschleuniger wirken.

Gleichzeitig eröffnet aber die Festlegung von Kriterien für den modeF, dass man die Erfüllung dieser Kriterien zur Voraussetzung für die Inanspruchnahme von staatlicher Unterstützung machen kann, weil es schwer argumentierbar ist, dass man Verhaltensweisen fördert, die gesamtwirtschaftlich negative Auswirkungen haben.

6. Literatur

Alfredsson, E. C., Malmaeus, J. M., Prospects for economic growth in the 21st century: A survey covering mainstream, heterodox and scientifically oriented perspectives, *Economic Issues*, Vol. 22, Part 1, March 2017.

Altenburg, T., Rodrik, D., Green Industrial Policy: Accelerating Structural Change Towards Wealthy Green Economies, in: Altenburg, T., Assmann, C., (Eds.), *Green Industrial Policy. Concept, Policies, Country Experiences*. Geneva, Bonn: UN Environment; German Development Institute / Deutsches Institut für Entwicklungspolitik (DIE), Bonn, 2017.

Apergis, N., Ozturk, I., A literature survey on the energy-growth nexus, *Ecological Indicators*, Vol. 52, 2015, Pages 16-22, <http://openaccess.cag.edu.tr/xmlui/bitstream/handle/20.500.12507/572/%C4%B0Ihan%C3%96ZT%C3%96CRK%20..pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ausubel, J., The Return of Nature, How Technology Liberates the Environment, May 12, 2015, The Breakthrough Institute, <https://thebreakthrough.org/journal/issue-5/the-return-of-nature>

Ayres, R., Ayres, L., Warr, B., Exergy, power and work in the US economy, 1900–1998, *Energy*, Elsevier, 2003.

Ayres, R., *Energy, Complexity and Wealth Maximization*, The Frontiers Collection, Springer International Publishing Switzerland, 2016.

Ayres, R., Warr, B., *Economic Growth Models and the Role of Physical Resources*, Center for the Management of Environmental Resources, INSEAD, Fontainebleau, Insead Working Paper Series, 2002.

Baumol, W. J. (1986): 'Productivity Growth, Convergence and Welfare: What the Long-Run Data Show', *American Economic Review*, Vol. 76(5), pp. 1072-85.

van den Bergh, J., Castro, J., Drews, S., Exadaktylos, F., Foramitti, J., Klein, F., Konc, T., Savin, I., Designing an effective climate-policy mix: accounting for instrument synergy, *Climate Policy*, 2021, DOI: 10.1080/14693062.2021.1907276

Bowen, A., Hepburn, C., Green growth: an assessment, *Oxford Review of Economic Policy*, Volume 30, Number 3, 2014, pp. 407–422,

Berner, A., Bruns, S., Moneta, A., Stern, D. I., Do Energy Efficiency Improvements Reduce Energy Use? Empirical Evidence on the Economy-Wide Rebound Effect in Europe and the United States, LEM WORKING PAPER SERIES, 2021, <https://www.lem.sssup.it/WPLem/files/2021-20.pdf>

Binswanger, M., Technological progress and sustainable development: what about the rebound effect? *Ecological Economics* 36, 2001, 119–132

Bloomberg, EU Falling Short on Emissions Reduction Target, WoodMac Says, 2021, https://www.bloomberg.com/news/articles/2021-02-18/eu-is-falling-short-on-emissions-reduction-target-woodmac-says?cmpid=BBD021821_GREENDAILY&utm_medium=email&utm_source=newsletter&utm_term=210218&utm_campaign=greendaily

Brockway, P. E., Sorrell, S., Semieniuk, G., Kuperus Heun, M., Court, V., Energy efficiency and economy-wide rebound effects: A review of the evidence and its implications, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, August 2020, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110781>

Cleantechnica, (2020a), A Day Of Superlatives For Climate Advocates & Big Oil, 28.05.2021, <https://cleantechnica.com/2021/05/27/a-day-of-superlatives-for-climate-advocates-big-oil/>

Cleantechnica, (2020b), U.S. Renewable Energy Consumption Surpasses Coal For 1st Time In Over 130 Years, December 31, 2020, <https://cleantechnica.com/2020/12/31/u-s-renewable-energy-consumption-surpasses-coal-for-1st-time-in-over-130-years/>

Cuddington, J. T., Nülle, G., Variable Long-Term Trends in Mineral Prices: The Ongoing Tug-of-War between Exploration, Depletion, and Technological Change, Colorado School of Mines Working Paper, 2013-02, <http://econbus.mines.edu/working-papers/wp201302.pdf>

Economist, How governments spurred the rise of solar power, Economist, Jan 7th 2021, <https://www.economist.com/technology-quarterly/2021/01/07/how-governments-spurred-the-rise-of-solar-power>

Erten, B., Ocampo, J. A., The future of commodity prices and the pandemic-driven global recession: Evidence from 150 years of data, *World Development*, 2021, doi: [10.1016/j.worlddev.2020.105164](https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2020.105164), <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7480978/>

ESIR – Expert Group on the Economic and Societal Impact of Research (2017), Towards a Mission-Oriented Research and Innovation Policy in the European Union, An ESIR Memorandum, European Commission.

European Commission, On making sustainable products the norm, COM(2022) 140 final, Brussels, 2022, https://ec.europa.eu/environment/document/download/e1ee5c9d-712b-4e56-a4ad-d906d4d5fd4a_en?filename=COM_2022_140_1_EN_ACT_part1_v8.pdf

European Commission, Directorate-General for Budget, The EU's 2021-2027 long-term budget and NextGenerationEU : facts and figures, 2021, <https://data.europa.eu/doi/10.2761/91357>

European Commission, (2020a), A new Circular Economy Action Plan For a cleaner and more competitive Europe, COM/2020/98 final, 2020, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1583933814386&uri=COM:2020:98:FIN>

European Commission, (2020b), A Farm to Fork Strategy for a fair, healthy and environmentally-friendly food system, COM(2020) 381 final, Brussels, 2020, https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:ea0f9f73-9ab2-11ea-9d2d-01aa75ed71a1.0001.02/DOC_1&format=PDF

European Commission, The European Green Deal, COM(2019) 640 final, Brüssel, 2019, https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:b828d165-1c22-11ea-8c1f-01aa75ed71a1.0002.02/DOC_1&format=PDF

European Commission, A European Strategy for Plastics in a Circular Economy, COM/2018/028 final, 2018, https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:2df5d1d2-fac7-11e7-b8f5-01aa75ed71a1.0001.02/DOC_1&format=PDF

Fine, B., Endogenous growth theory: a critical assessment, Cambridge Political Economic Society, 2000, https://www.researchgate.net/profile/Ben_Fine/publication/5208241_Endogenous_Growth_Theory_A_Critical_Assessment/links/58861d794585150dde4a8677/Endogenous-Growth-Theory-A-Critical-Assessment.pdf

Gillingham, K., Rapson, D., Wagner, G., The Rebound Effect and Energy Efficiency Policy, Resources for the Future Discussion Paper, Washington, 2014, <https://academiccommons.columbia.edu/doi/10.7916/D8TF060F/download>

- Grantham, J. 2012. 'Welcome to dystopia: entering a long-term and politically dangerous food crisis'. GMO quarterly letter to investors, July 2012. GMO LLC. Accessed at <https://www.gmo.com/Europe/Library/Letters/>
- Hall, C. A. S., Balogh, S., Murphy, D. J. R., What is the Minimum EROI that a Sustainable Society Must Have? *Energies*, 2009, 2, 25-47; doi:10.3390/en20100025
- Hotelling, H., The Economics of Exhaustible Resources, *J. Polit. Econ.*, April 1931
- IEA, Net Zero by 2050, A Roadmap for the Global Energy Sector, 2021, <https://iea.blob.core.windows.net/assets/4719e321-6d3d-41a2-bd6b-461ad2f850a8/NetZeroBy2050-ARoadmapfortheGlobalEnergySector.pdf>
- JIIP – Joint Institute for Innovation Policy, Mission-Oriented Research and Innovation - Inventory and characterisation of initiatives, 2018.
- Jowitt, S.M., Mudd, G.M. & Thompson, J.F.H., Future availability of non-renewable metal resources and the influence of environmental, social, and governance conflicts on metal production. *Commun Earth Environ* 1, 13 (2020). <https://doi.org/10.1038/s43247-020-0011-0>, <https://www.nature.com/articles/s43247-020-0011-0>
- Kibritcioglu, A., Dibooglu, S., Long-run economic growth: an interdisciplinary approach, University of Illinois Working Paper, 2001.
- Kuittinen H., Polt W., Weber M., Mission Europe? A revival of mission-oriented policy in the European Union. In: RFTE – Rat für Forschung und Technologieentwicklung (Hg), Re:thinking Europe - Positionen zur Gestaltung einer Idee, 2018, S. 197 – 213.
- Leo, H., Staatliche Interventionen: Wachstum und Systemgrenzen, Hintergrundpapier, popuphub by BMK, Wien, 2022.
- Leo, H., Innovation und Regulierung, Wien, 2012.
- Leo, H., Seethaler, U., Alternative Finanzierungsmodelle zur Förderung von Klima- und Umwelt(technologie)maßnahmen“, Studie im Auftrag des BMK, Kier Consulting, Wien, 2020.
- Leo, H., Staatliche Interventionen: Zwischen Wachstumszwang und Systemgrenzen, popuphub, Wien, 2022.
- Mankiw, G. N., Grundzüge der Volkswirtschaftslehre. 3. Auflage. Stuttgart 2004, S. 221–227.
- Nordhaus, W. D., Economic Growth and Climate: The Carbon Dioxide Problem, Cowles Foundation Discussion Paper No. 435, 1976, <https://cowles.yale.edu/sites/default/files/files/pub/d04/d0435.pdf>
- Nordhaus, W. D., (1992a) Lethal Model 2: The Limits to Growth Revisited, *Brooking Papers on Economic Activity*, 1992, https://www.brookings.edu/wp-content/uploads/1992/06/1992b_bpea_nordhaus_stavins_weitzman.pdf
- Nordhaus, W., D., (1992 b) The “Dice” Model: Background and Structure of a Dynamic Integrated Climate-Economy Model of the Economics of Global Warming, Cowles Foundation Discussion Paper No. 1009, 1992. <https://cowles.yale.edu/sites/default/files/files/pub/d10/d1009.pdf>
- Nordhaus, W. D., Projections and Uncertainties about Climate Change in an Era of Minimal Climate Policies, *American Economic Journal: Economic Policy* 2018, 10(3): 333–360 <https://pubs.aeaweb.org/doi/pdfplus/10.1257/pol.20170046>
- Meadows, D. u.a., Die Grenzen des Wachstums. Bericht des Club of Rome zur Lage der Menschheit, Stuttgart, 1972.

PHYSICAL RESOURCES, Center for the Management of Environmental Resources, INSEAD, Fontainebleau, Insead Working Paper Series, 2002.

Rechnungshof, Forschungsfinanzierung in Österreich. Reihe Bund 2016/4, Wien, 2016.

Rodrik, D., Green industrial policy, Oxford Review of Economic Policy, Volume 30, Number 3, 2014, pp. 469–491, https://drodrik.scholar.harvard.edu/files/dani-rodrik/files/green_industrial_policy.pdf

Scoones, I, Smalley, R., Hall, R., Tsikata, D., Narratives of scarcity: understanding the 'global resource grab', PLAAS, 2014, https://assets.publishing.service.gov.uk/media/57a089caed915d622c0003d3/FAC_Working_Paper_076.pdf

Schmidt, T. S., Sewerin, S., Measuring the temporal dynamics of policy mixes – An empirical analysis of renewable energy policy mixes' balance and design features in nine countries, Research Policy 48, 2019.

Solow, R. M., Is the End of the World at Hand? Challenge, MARCH/APRIL1973, Vol. 16, No. 1, pp. 39-50

Smil, V., Growth, from microorganism to megacities, The MIT Press, Cambridge (MA) - London (UK), 2019.

Sun, Z., Scherer, L., Tukker, A., Spawn-Lee, S. A., Bruckner, M., Gibbs, H. K, Behrens, P., Dietary change in high-income nations alone can lead to substantial double climate dividend, Nature Food, volume 3, pages 29–37, 2022.

The Lancet Commission, Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems, 2019, <https://www.thelancet.com/action/showPdf?pii=S0140-6736%2818%2931788-4>

Tilton, J., Depletion and the Long-run Availability of Mineral Commodities, Mining, Minerals and Sustainable Development, 2001, <https://pubs.iied.org/sites/default/files/pdfs/migrate/G01035.pdf>

Turner, G. M., Is Global Collapse Imminent? An Updated Comparison of The Limits to Growth with Historical Data, Research Paper No. 4 August 2014, Melbourne Sustainable Society Institute, https://sustainable.unimelb.edu.au/data/assets/pdf_file/0005/2763500/MSSI-ResearchPaper-4_Turner_2014.pdf

Thomas O. Wiedmann, Heinz Schandl, Manfred Lenzen, Daniel Moranc, Sangwon Suh, James West, Keiichiro Kanemoto, The material footprint of nations, 2013, <https://www.pnas.org/content/pnas/112/20/6271.full.pdf>

WIFO - Seibersdorf - Joanneum Research, Technologiepolitisches Konzept 1994 der Bundesregierung, Wien, 1994.

Wittmann, F., Hufnagl, M., Lindner, R., Roth, F., Edler, J., Developing a Typology for Mission-Oriented Innovation Policies, Fraunhofer ISI Discussion Papers Innovation Systems and Policy Analysis No.64, Karlsruhe, April 2020.