



Optimales regionales Technologienetzwerk auf Basis erneuerbarer Ressourcen – RegiOpt

(Resource ID: 115)

Prof. Michael Narodoslawsky

Michael Eder

michael.eder(at)tugraz.at

This teaching resource is allocated to following University:

TUG – Graz University of Technology

<http://www.sustainicum.at/de/modules/view/115.Optimales-regionales-Technologienetzwerk-auf-Basis-erneuerbarer-Ressourcen-RegiOpt>



Einzelarbeit
Partnerarbeit
(2er-Teams)
Gruppenarbeit



unabhängig von
der Zahl der
Studierenden



Bis zu 3
Vorlesungseinheiten



Internet
Verbindung
erforderlich



English, German

Die optimale Nutzung erneuerbarer, regionaler Ressourcen stellt eine komplexe Herausforderung dar. Dabei müssen technische, naturwissenschaftliche, ökologische, logistische und ethische Fragestellungen gleichzeitig behandelt werden. Mit dieser Software können optimale Technologienetzwerke auf der Basis vorgegebener Technologien, der regionalen Ressourcen und -Nachfrage entwickelt und mit dem SPI® (Sustainable Process Index) und dem Carbon Footprint bewertet werden. Zusätzlich erhalten die Studierenden Hinweise, was bei der Nutzung erneuerbarer Ressourcen aus ethischer Sicht beachtenswert ist.

RegiOpt bietet ein optimiertes Technologiesystem auf Basis erneuerbarer Ressourcen für den konkreten Kontext einer jeweiligen Region an und bewertet diese Lösung ökonomisch und ökologisch. Gleichzeitig wird dem/der BenutzerIn dargestellt, welche Auswirkungen seine/ihre Handlungen im Hinblick auf globale Wirtschaft, globale Umwelt und auch exportierte ökologische und ökonomische Belastung haben. Durch die Veränderung von Rahmenbedingungen, aber auch durch die Veränderung der Parameter des Lebensstils können Entscheidungsträger so konsistente Szenarien entwickeln und die Ergebnisse in partizipative Entscheidungsprozesse einfließen lassen.

RegiOpt-CP bestimmt aus den Angaben des Benutzers/der Benutzerin über regionale erneuerbare Ressourcen (Wald-, Acker- und Grünlandfläche) und Energienachfrage (Energie für Haushalte, Gewerbe und Industrie) das wirtschaftlich optimale Technologienetzwerk zur Nutzung dieser Ressourcen. Dabei wird auf die bereits vorhandene Nutzung (etwa durch Viehzucht oder bereits bestehende Anlagen) und den zur Erfüllung der Nahrungserfordernisse notwendigen Flächenbedarf Rücksicht genommen. Das Technologieportfolio des Rechners umfasst einerseits alle gängigen Technologien auf der Basis biogener Ressourcen als auch Solartechnologien (solare Wärme, PV). Die Auswirkung von Energieeffizienztechnologien, wie z.B. Dämmen von Gebäuden, kann ebenfalls abgebildet werden. Transportaufwendungen vom Feld zu etwaigen Anlagen, ebenso wie regionsspezifische Erträge sind in der Optimierung enthalten. Des Weiteren können auch Begrenzungen im Hinblick auf verfügbares Investitionsvolumen vorgegeben werden.

RegiOpt will bewusst den Diskurs zwischen den AkteurInnen anregen und unterstützen. Nachhaltigkeit lässt keine Patentlösungen zu. Gerade angesichts des komplexen und tiefgreifenden Wandels, den die Abkehr von fossilen und nuklearen Ressourcen erfordert, muss Zukunft auf breiter Ebene diskutiert und mit allen AkteurInnen gemeinsam umgesetzt werden. RegiOpt will dazu einen Beitrag liefern. RegiOpt-CP (Conceptual Planner) besteht im Wesentlichen aus drei Bereichen:

der Dateneingabe durch den/die BenutzerIn
der ökonomischen Optimierung
und der anschließenden ökologischen Bewertung des zuvor ermittelten optimalen Netzwerks.

Ziel von RegiOpt-CP ist, lokalen und regionalen Stakeholdern die Möglichkeit zu geben, für ihre Region das optimale Technologienetzwerk auf der Basis regionaler Ressourcen zur Deckung lokaler/regionaler

Energienachfrage zu berechnen. Dabei wird ein Vergleich zwischen der derzeitigen Situation und der optimalen Lösung im Hinblick auf regionale Wertschöpfung und Umweltdruck dargestellt.

Das Tool errechnet das optimale Technologienetzwerk, wobei die Kapazitäten der notwendigen Anlagen, ihr Rohstoffbedarf, notwendige Investitionskosten und anfallende Betriebskosten dargestellt werden. RegiOpt-CP errechnet zusätzlich den ökologischen Fußabdruck (nach der SPI Methode) und den Carbon Footprint sowohl für die derzeitige Energiesituation der Region als auch für das optimale Netzwerk. In der Ergebnisdokumentation werden unter anderem Vergleiche im Sinne des Imports und Exports an Geld und Umweltdruck im derzeitigen Zustand und bei Implementation des optimalen Technologienetzwerks dargestellt.

Im ersten Schritt wird der/die BenutzerIn durch einen Online-Fragebogen geleitet, um die erforderlichen Daten für den Optimierungsprozess zu erheben. Innerhalb von sechs Seiten werden Daten zu Verbrauch und Bereitstellung von Ressourcen, Materialien, Produkten u.ä. sowie ökonomische Grunddaten abgefragt. Sinnvoll und vor allem zeitsparend ist es, wenn der/die BenutzerIn im Vorfeld die für die Eingabe erforderlichen Daten bereits zusammenstellt und vor dem Start des Programms vorbereitet hat und auf diese zurückgreifen kann. Eine Checkliste für die Datenvorbereitung kann auf der Homepage des Tools abgerufen werden. Während der/die BenutzerIn den Fragebogen ausfüllt, nimmt RegiOpt-CP bereits intern Berechnungen vor, um die Daten für den Optimierungsprozess in entsprechender Form aufzubereiten. Am Ende jeder Abfrageseite befindet sich eine Zusammenfassung der errechneten Werte, die dem/der BenutzerIn die Möglichkeit bietet, Zusammenhänge der einzelnen Eingaben zu erkennen.

Nach erfolgreicher Dateneingabe durch den/die BenutzerIn wird anschließend der Optimierungsprozess gestartet. Dieser wird mit Hilfe der sogenannten Prozess Netzwerksynthese oder kurz PNS im Hintergrund des Programms durchgeführt. Die Oberfläche und die Funktion des Tools sind für den/die BenutzerIn nicht ersichtlich. Als Ergebnis liefert die PNS ein optimiertes Technologienetzwerk, das sowohl bestehende Anlagen mitberücksichtigt, als auch neue Anlagen intelligent miteinander koppelt, um die in einer Region vorhanden Ressourcen bestmöglich und vor allem ökonomisch zu nutzen und gleichzeitig die Bedarfe der Region zu decken.

Die Prozessnetzwerksynthese (PNS) ist eine Methode, um Systeme, die auf Material- und Energieflüssen basieren, zu optimieren. Hauptziel ist die Generierung eines ökonomisch optimierten Netzwerks in dem mittels

unterschiedlicher Prozesstechnologien gegebene Rohmaterialien in Produkte (inklusive Strom und Wärme) umgewandelt werden. Daher erfordert diese Methode sowohl eine Optimierung der Prozessstruktur selbst als auch die Optimierung der entsprechenden Flüsse in einer Prozesseinheit. Der PNS liegt die sogenannte P-Graph Methode zugrunde, die mit Energie- und Materialflüssen arbeitet. Hierbei werden verfügbare Rohmaterialien und Einsatzstoffe in unterschiedliche Produkte oder Dienstleistungen übergeführt, wobei die In- und Outputs eindeutig durch die Anforderungen der jeweiligen Technologie vorgegeben sind. In die Optimierung fließen Zeitabhängigkeiten wie beispielsweise die Ressourcenverfügbarkeit (z.B. abhängig von der Ernte erneuerbarer Ressourcen) oder die Nachfrage nach Produkten und Dienstleistungen (z.B. die variierenden Wärmebedarfe eines Fernwärmenetzwerks im Laufe eines Jahres) ein. Die notwendigen Eingaben inkludieren Massen- und Energiebilanzen, Investitions- und Betriebskosten von Technologien im Netzwerk, Kosten für Rohmaterialien bzw. Hilfsstoffe und von Infrastruktur, Preise für Produkte und Dienstleistungen sowie Einschränkungen hinsichtlich Ressourcenangebot und Produkt- oder Dienstleistungsnachfrage. Die Investitionskosten für Technologien werden über 10 Jahre abgeschrieben, ausgenommen PV- und Solarthermieanlagen, bei denen die Abschreibungsdauer 25 Jahre beträgt.

Bei RegiOpt gibt es bereits eine vordefinierte Maximalstruktur im Hintergrund, die mit Default-Werten hinterlegt ist. Mit Hilfe der BenutzerInnen-Eingaben wird diese Struktur adaptiert indem die Werte abgeändert werden und, falls es notwendig ist, Pfade der Struktur entfernt (dies ist beispielsweise der Fall, wenn eine bestimmte Ressource in der Region nicht zur Verfügung steht). Dadurch wird eine Maximalstruktur erhalten, bei der alle verfügbaren Ressourcen derartig über Technologien verknüpft werden, dass sie erforderliche Bedarfe (z.B. den Wärmebedarf einer Region) und Produkte (z.B. Strom) abdecken können. Dabei wird auch der Transport mitberücksichtigt. Mit Hilfe der angepassten Maximalstruktur kann die Optimierung mit der PNS durchgeführt werden. Als Ergebnis erhält der/die BenutzerIn ein ökonomisch optimiertes Technologienetzwerk mit der erforderlichen Logistik innerhalb des Netzwerks.

In einem weiteren Schritt, der ebenfalls keinen zusätzlichen Aufwand vom Benutzer/der Benutzerin erfordert, wird das mit Hilfe der PNS generierte Technologienetzwerk ökologisch bewertet. Dies erfolgt durch Anwendung des sogenannten Sustainable Process Index (SPI). Der ökologische Fußabdruck ist ein Maß dafür, wie stark menschliches Handeln die Natur verändert und belastet. Je mehr Rohstoffe verbraucht und je mehr Schadstoffe produziert werden, desto größer ist der ökologische Druck.

Ein Grundprinzip des ökologischen Fußabdrucks ist, dass nachhaltige Entwicklung langfristig nur auf dem natürlichen Einkommen der Sonneneinstrahlung aufbaut. Sonnenenergie treibt alle natürlichen Stoffkreisläufe an, sie ist die Grundlage des Lebens und sie stellt alle erneuerbaren Ressourcen für nachhaltiges menschliches Wirtschaften zur Verfügung. Dieses natürliche, solare Einkommen nimmt unser Planet über seine Oberfläche ein, alle natürlichen und auch menschlichen Prozesse konkurrieren in einer nachhaltigen Gesellschaft daher um diese „Ur-Ressource“ Fläche (und damit um das natürliche solare Einkommen). Daher ist „Fläche“ die Berechnungseinheit für das Konzept des ökologischen Fußabdrucks. Da die Erdoberfläche aber begrenzt ist, ist folglich auch der mögliche Flächenverbrauch limitiert. Damit entsteht das Konzept eines natürlichen Budgets: Nachhaltiges Wirtschaften bedeutet aus dieser Sicht, in seiner ökologischen Dimension mit der Oberfläche unseres Planeten und dem damit verbundenen (begrenzten) natürlichen Einkommen auszukommen.

Es gibt verschiedene Arten der Berechnung des ökologischen Fußabdrucks, die unterschiedliche Bezüge zwischen Fläche und menschlichen Handlungen herstellen. Eine Berechnungsart stellt der Sustainable Process Index (SPI®) dar. Bei dieser Methode werden alle Stoff- und Energieflüsse, die im Lebenszyklus zur Herstellung eines Produkts oder der Bereitstellung einer Dienstleistung zwischen Anthroposphäre und Natur ausgetauscht werden, berücksichtigt und in Flächen umgerechnet. Dies bedeutet, dass der SPI sowohl den Verbrauch an Rohstoffen als auch entstehende Emissionen und Abfälle berücksichtigt. Die Umrechnung dieser Stoff- und Energieflüsse geschieht nach zwei Prinzipien:

Menschliche Materialflüsse dürfen globale Stoffkreisläufe nicht verändern. Dieses Prinzip bezieht sich auf Kreisläufe, wie z. B. den Kohlenstoffkreislauf und bedeutet, dass nicht mehr fossiler Kohlenstoff (aus Kohle, Erdöl, Erdgas, ...) in Umlauf gebracht werden darf, als die Meere wieder aufnehmen und sedimentieren können. Wenn mehr in Umlauf gebracht wird (was bei weitem der Fall ist), wird eine größere Fläche benötigt.

Menschliche Materialflüsse dürfen die Qualität der lokalen Umwelt nicht verändern. Das bedeutet, dass Schadstoffeinträge in den Boden, in die Luft und ins Wasser die Aufnahmefähigkeit der lokalen Umwelt nicht überschreiten dürfen. Wenn mehr eingebracht wird, braucht es wiederum eine größere Fläche, um die natürliche Aufnahmefähigkeit nicht zu überschreiten.

Konkret vergleicht der SPI entsprechend dieser Nachhaltigkeits-Prinzipien anthropogene Ströme mit natürlichen Strömen über den Bezugs-Zeitraum

eines Jahres. Dabei gilt:

für erneuerbare biogene Ressourcen: Prinzip 1 ist erfüllt, wenn die Fläche für den Anbau berücksichtigt wird (da hier die globalen Zyklen auf der Fläche des Feldes/Grünfläche/Wald geschlossen werden).

Für fossile Ressourcen: Prinzip 1 ist erfüllt wenn die Fläche zur Sedimentation des Kohlenstoffes auf den Ozeangrund (als Fluss in den Langzeitspeicher) berücksichtigt wird.

Für Nicht-erneuerbare Ressourcen: Prinzip 1 ist erfüllt, wenn die Fläche zur Bereitstellung der Energie/Hilfsmaterialien zur Bereitstellung der Ressourcen berücksichtigt wird. Prinzip 2 ist erfüllt, wenn die Fläche zur Dissipation der Materialien (siehe unten) berücksichtigt wird.

Für Energie: Prinzip 1 und 2 sind erfüllt, wenn alle Flächen zur Bereitstellung der Energieträger, Infrastrukturen und direkt genutzte Flächen und zur Dissipation von Emissionen und Abfällen berücksichtigt werden.

Für Infrastruktur: Prinzip 1 und 2 sind erfüllt, wenn die Flächen zur Bereitstellung der Materialien, aus denen die Infrastrukturen aufgebaut sind, gewertet werden. Dabei wird eine entsprechende Lebensdauer der Anlagen in Rechnung gestellt (ökologische Abschreibung), da der Bewertungszeitraum ein Jahr beträgt. Direkt genutzte Flächen (Flächenbedarf technischer Anlagen und Infrastruktur) gehen vollständig in die Rechnung ein.

Für die Dissipation von Emissionen/Abfällen: Hier geht der SPI von Prinzip 2 aus. Für Dissipation von Emissionen/Abfällen in Boden und Wasser gilt dabei, dass für diese Kompartimente natürliche Regenerationsraten angesetzt werden (Versickerung von Niederschlag für Wasser, Kompostbildung aus Grünschnitt von ungedüngtem Grünland für Boden). Weiters werden hier natürliche Konzentrationen für die dissipierten Stoffe (entsprechend der Bodenrichtwerte bzw. der Grundwasserkonzentrationen) angesetzt. Die Fläche zur nachhaltigen Dissipation eines Stoffes ergibt sich dann aus der emittierten Menge gebrochen durch das Produkt aus Erneuerungsrate mal natürlicher Konzentration in einem Kompartiment. Für das Kompartiment Luft wird die natürliche flächenbezogene Austauschmenge des Emittenten (zwischen natürlichem Grünland bzw. Wald und der Atmosphäre) als Vergleichswert herangezogen. Generell wird für jeden Emissionsstrom, der aus mehreren Stoffen besteht, nur der Stoff mit dem höchsten Wert der Dissipationsfläche berücksichtigt (Leitemittent).

Die Gesamtfläche des Fußabdrucks setzt sich aus folgenden Teilflächen zusammen:

direkter Flächenverbrauch für Infrastruktur

Flächenverbrauch für nicht erneuerbare Ressourcen
Flächenverbrauch für erneuerbare Ressourcen
Flächenverbrauch für die Aufnahme von fossilem Kohlenstoff
Flächenverbrauch für Infrastruktur
Flächenverbrauch für die Dissipation von Emissionen im Wasser
Flächenverbrauch für die Dissipation von Emissionen im Boden
Flächenverbrauch für die Dissipation von Emissionen in der Luft

In der Bewertung konkreter Produkte oder Dienstleistungen werden dabei immer die gesamten Lebenszyklen zu deren Bereitstellung (also von der „Wiege“ der Rohstoffproduktion bis zur „Bahre“ der Dissipation aller Emissionen und Abfälle) bewertet, wobei für die Abgrenzung der Systeme und die Aufteilung des Fußabdrucks auf Produkte und Nebenprodukte die Regeln der ISO Normen 14040 ff über Life Cycle Analysis Verwendung finden.

Für den/die BenutzerIn ergeben sich unterschiedliche Nutzen durch die Anwendung von RegiOpt-CP. Entscheidend ist jedoch, dass RegiOpt-CP einen raschen Überblick liefert, welche regional verfügbaren Ressourcen in unterschiedlichen Technologien eingesetzt werden können, um das Entwicklungspotential der Region bestmöglich auszuschöpfen.

Werkzeuge und Methoden



Computerprogramm

Lernziele

Ziel des Rechners ist, den Studierenden optimale Ressourcennutzung im regionalen Kontext näher zu bringen und dabei auch die ökologischen, ökonomischen und ethischen Dimensionen zu erläutern.

Bezug zur Nachhaltigkeit

Den Studierenden wird dargestellt, welche Möglichkeiten zur Nutzung erneuerbarer Ressourcen im regionalen Kontext bestehen und welche Auswirkungen unterschiedliche Nutzungen im Hinblick auf globale Wirtschaft, globale Umwelt und auch exportierte ökologische und ökonomische Belastung haben. Durch die ethischen Begleittexte wird auch der soziale Aspekt in die Wissensvermittlung eingebunden. Damit werden

die drei wesentlichen Säulen der Nachhaltigkeit angesprochen – Ökonomie, Ökologie und Soziales. Die Studierenden können durch Anwendung von RegiOpt ein detailliertes Bild der nachhaltigen Ressourcennutzung in einer Region erhalten. Durch die Veränderung von Rahmenbedingungen, aber auch durch die Veränderung der Parameter des Lebensstils können Szenarien generiert werden und damit erkannt werden, welche Parameter sich wie stark auf die Nachhaltigkeit einer Region auswirken.

Vorausgesetztes Wissen

Benötigt kein spezielles Vorwissen

Vorbereitungsaufwand

Mittel

Zugang

Free

Quellen und Verweise

Friedler F, Varga JB, Fan LT Decision-mapping: a tool for consistent and complete decisions in process synthesis. Chemical Engineering Science Vol. 50, (1995), 1755-1768

Krotscheck, C., M. Narodoslowsky, 1996. The Sustainable Process Index - A new Dimension in Ecological Evaluation. Ecological Engineering 6/4 (1996) pp. 241-258.

Narodoslowsky M. and C. Krotscheck, 2000. Integrated ecological optimization of processes with the sustainable process index. Waste Management 20:599-603

www.fussabdrucksrechner.at

Gefördert von

Gefördert vom österreichischen Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung im Rahmen der Ausschreibung "Projekt MINT-Massenfächer" (2011/12)