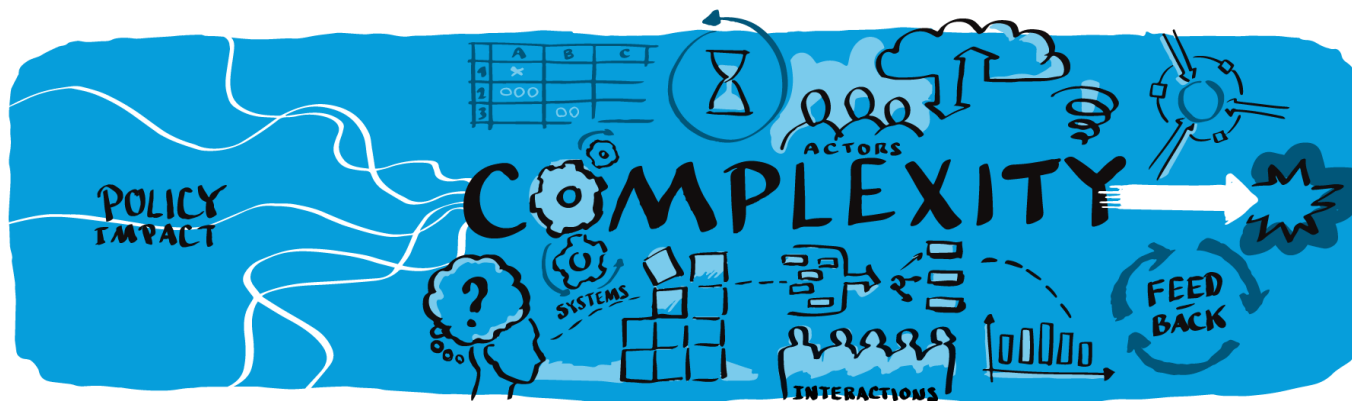


## Factsheet: Modellierungsmethoden zur Bewertung komplexer und sozialer Wirkungen von Politikinstrumenten

### Qualitative und quantitative Systemmodellierungsansätze für die Politikberatung

Im Projekt PoliMod führte das Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung e.V. im Auftrag des Umweltbundesamtes die Machbarkeitsstudie *Modellierung von Anpassungsmaßnahmen: Akteure, Entscheidungen und Wirksamkeit. Qualitative und quantitative Systemmodellierungen zur Analyse der Lenkungswirkung von Politikinstrumenten (FKZ 3721 48 104 0)* durch. Der Abschlussbericht präsentiert verschiedene Ansätze zur Modellierung komplexer sozialer Systeme zur Bewertung der Wirksamkeit von Politikinstrumenten. Er beschreibt den allgemeinen Modellerstellungsprozess, vergleicht die Anwendungsmöglichkeiten und diskutiert die Chancen und Grenzen der Methoden. Dieses Factsheet bietet einen Einstieg in das Thema Systemmodellierungen für die Politikberatung und fasst die wichtigsten Projektergebnisse zusammen.

#### Abbildung 1: Komplexe Wirkung von Politikinstrumenten



Quelle: Eigene Darstellung, IÖR; Illustration: Nicolaas Bongaerts

**i** Mehr Informationen im PoliMod-Abschlussbericht:

*Schünemann, C., Herold, H., & Reger, E. (2024). Machbarkeitsstudie: Modellierung von Anpassungsmaßnahmen: Akteure, Entscheidungen und Wirksamkeit (Climate Change). Umweltbundesamt.*

# 1 Warum komplexe und soziale Systeme modellieren?

Wie wirken Politikinstrumente? Wie beeinflussen sie unterschiedliche Akteure? Inwieweit werden sie akzeptiert oder abgelehnt? Und warum ist das so? Diese Fragen stellen sich allen, die Politikinstrumente entwickeln und umsetzen. Als Politikinstrumente sind konkrete Maßnahmen oder Ansätze gemeint, die von Regierungen und anderen politischen Institutionen eingesetzt werden, um gesellschaftliche Herausforderungen anzugehen und politische Ziele zu erreichen. Diese Instrumente können Menschen ganz direkt betreffen, etwa durch finanzielle Anreize, Verbote oder Informationskampagnen. Ein Beispiel aus der Klimapolitik wären Politikinstrumente, die den Ausbau von urbanen Grünflächen fördern, wodurch Städte klimaangepasster gestaltet werden können. Politische Instrumente können oft **unbeabsichtigte oder unerwünschte Nebeneffekte** auslösen. Wenn also **Politikinstrumente** entwickelt werden, ist es sehr wichtig zu prüfen, wie sie sich zukünftig auswirken könnten (sogenannte Ex-ante-Bewertungen).

Für solche Wirkungsanalysen gibt es eine Reihe von Verfahren. Dazu zählen Expert\*inneneinschätzungen oder die Multi-kriterienanalyse (MCDA). Allerdings berücksichtigen diese Methoden gerade die **nicht-linearen und verwobenen kausalen Konsequenzen oder Nebeneffekte von Politikinstrumenten** nur begrenzt. Speziell die Auswirkungen auf **soziale Dynamiken** bewerten sie nur vage. Dies ist aber gerade entscheidend, um die vielen möglichen Auswirkungen abschätzen zu können, vor allem dann, wenn **Politikinstrumente komplexe Probleme angehen** sollen. Globale Krisen sind Beispiele für solche hochkomplexen Aufgaben, die zudem interdisziplinäre, internationale und mehrdimensionale Kooperationen erfordern. Um die Wirkungen von Politikinstrumenten in diesen komplexen Bereichen besser zu erfassen, existieren Methoden, die ihren Ursprung in den Komplexitätswissenschaften haben. Durch ein Spektrum an qualitativen und quantitativen Ansätzen ist es möglich, komplexe Systeme zu bestimmten Problemstellungen zu modellieren. In solchen Systemmodellen werden **auch soziale Faktoren als komplexe Zusammenhänge integriert** und zu anderen Themen in Bezug gesetzt. Auf diese Weise können Politikinstrumente und ihre Wirkungen in **komplexen sozialen Systemen** verortet und schwer fassbare, nicht-lineare oder unberücksichtigte Wechselwirkungen aufgedeckt werden. Außerdem ermöglichen die Systemmodelle virtuelle Experimente, sodass verschiedene Entwürfe von Politikinstrumenten schon im Vorfeld getestet und verbessert werden können.

## Was sind komplexe Systeme?

In komplexen Systemen interagieren die einzelnen System-komponenten nicht-linear und dynamisch-adaptiv. Aus diesen Wechselwirkungen, Rückkopplungen, Verknüpfungen und Abhängigkeiten ergeben sich teilweise nicht vorhersehbare Verflechtungen und Dynamiken. Die Auswirkungen des globalen Klimawandels sind ein Beispiel hierfür.

Dieses Factsheet stellt drei Modellierungsansätze vor, die komplexe und soziale Wirkungen von Politikinstrumenten abbilden können. Sie bilden die in Realität vorhandene Komplexität besser ab als Methoden, die auf simplen linearen Kausalitätszusammenhängen basieren. Zu **stark vereinfachte Komplexität** ist kritisch und **führt oft zu Fehleinschätzungen**, weil gewisse Faktoren oder Rückkopplungen nicht berücksichtigt wurden. Es ist wichtig zu erwähnen, dass die hier beschriebenen qualitativen und quantitativen Systemmodellierungen zu den explorativen Methoden gehören. Auch sie treffen **keine sicheren Zukunftsprognosen**. Diese Eigenschaft ist eine Folge der Komplexität zukünftiger Ereignisse, deren potenzielle Dynamik per se nicht vorhersagbar ist.

### Wann eignen sich qualitative oder quantitative Systemmodelle für die Wirksamkeitsbewertung von Politikinstrumenten?

- ▶ Wenn konventionelle Bewertungsmethoden die **Komplexität** des betreffenden Systems bzw. die Wirkung des Politikinstrumentes nur unzureichend wiedergeben
- ▶ Um die Wirkung des Politikinstrumentes auf die **Dynamik** von komplexen interdisziplinären Prozessen (z. B. Klimawandel, globale Krisen) einzuschätzen
- ▶ Wenn die Wirkung des Politikinstrumentes auf das **Verhalten** einzelner **Akteure oder auf Gesellschaften** analysiert werden soll
- ▶ Um die **unbeabsichtigten Auswirkungen** von Politikinstrumenten im komplexen System, in dem sie wirken, zu identifizieren

### Was sind komplexe soziale Systeme?

In diesen wird zusätzlich das komplexe soziale Verhalten von Akteuren als Systemkomponente abgebildet. Auch menschliche Entscheidungen sind nicht-rationale, wechselwirkende, rückkoppelnde und somit komplexe Beziehungen, die sich unmittelbar verändern. Beispiele: sozio-technische Systeme, wie die Verbreitung von technischen Innovationen in der Gesellschaft.

## 2 Welche Modellierungsmethoden zur Abbildung komplexer Systeme gibt es?

Die Systemmodellierungsmethoden unterscheiden sich hauptsächlich danach, welche Art von Daten sie benötigen und welchen Detailgrad sie abbilden. Auf Grundlage der benötigten Daten ergeben sich **qualitative oder quantitative** Systemmodelle, basierend auf den abbildbaren Detailgrad entstehen **aggregierte und detaillierte Systemmodelle**. Modellierungsmethoden bilden ein breites Spektrum zwischen den benannten Hauptkategorien. Das folgende Diagramm greift dies auf und systematisiert die Einteilung verschiedener Modellierungsmethoden. Alle können die **komplexen und sozialen Wirkungen von Politikinstrumenten auf verschiedene Art und Weise** einzuschätzen.

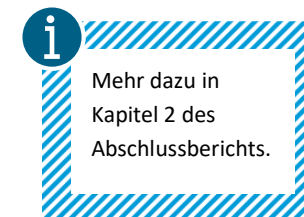
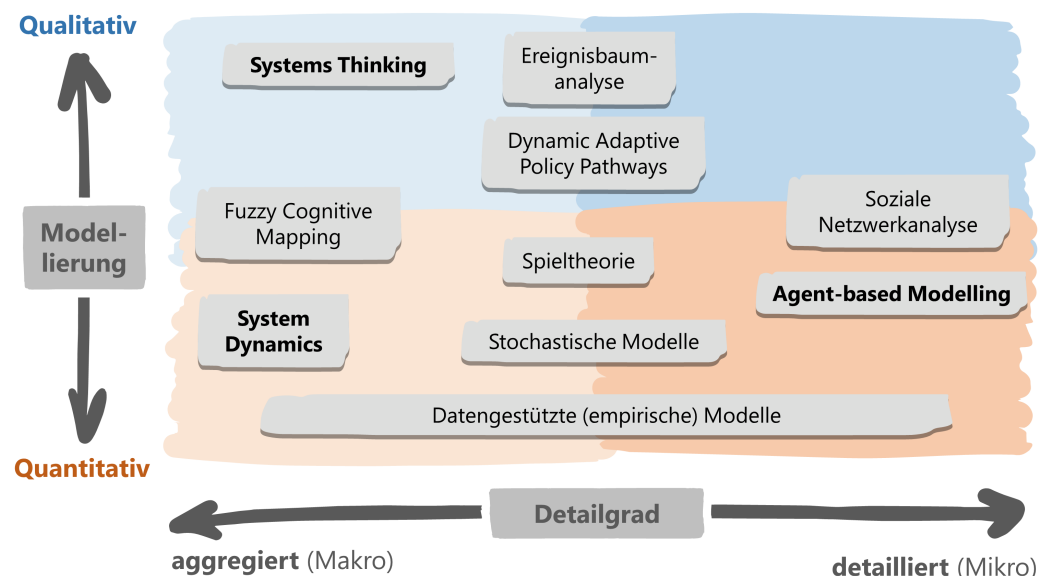


Abbildung 2: Übersicht der verschiedenen Systemmodellierungsmethoden zur Bewertung der Wirkungen von Politikinstrumenten



Quelle: Eigene Darstellung, IÖR; Illustration: Nicolaas Bongaerts

**Qualitative Systemmodelle** basieren auf Literaturrecherchen und können auch *partizipativ* entwickelt werden. In letzterem bringen Beteiligte ihr Praxiswissen und ihre Perspektiven narrativ ein und entwickeln so das Systemmodell gemeinsam. Das Erstellen von Causal Loop Diagrammen (CLD) aus der Toolbox des **Systems Thinking** Modellierungen (STM) ist ein beispielhafter qualitativer Modellierungsansatz. Dieser Modellierungstypus wird *nicht quantifiziert* und benötigt nur qualitative Daten. Daher sind die Modellerkenntnisse nur beschreibend. Ihr entscheidender Vorteil ist, dass sie das Verhalten komplexer Systeme über die **Systemstruktur**, d. h. die komplexen Wechselwirkungen zwischen Systemeinflüssen, abbilden. Dadurch werden neue Zusammenhänge, bislang unberücksichtigte Wechselwirkungen oder Nebeneffekte sichtbar. Partizipativ erarbeitete qualitative Modelle erzielen schon während des Erstellungsprozesses **Lerneffekte bei den Beteiligten**. Ihre Ergebnisse sind gut visualisierbar. Sie sind **weniger ressourcenintensiv** und können schneller modelliert werden als quantitative Systemmodelle.

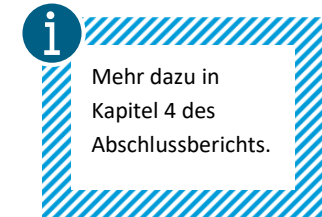
**Quantitative Systemmodelle** basieren auf mathematischen Gleichungen oder Entscheidungsregeln. Im Gegensatz zu qualitativen Methoden können sie die **zeitaufgelöste Dynamik von Systemen** beschreiben und **tiefergehende Erkenntnisse** liefern. Dafür gibt es zwei Möglichkeiten:

- ▶ durch **stochastische Modelle**, in denen Eintrittswahrscheinlichkeiten für zukünftige Ereignisse berücksichtigt werden,
- ▶ durch **zeitaufgelöste Simulation**, die das dynamisch-zeitaufgelöste Verhalten des Systems und der Zielgrößen in der Zukunft abbilden.

Vor allem für quantitative Systemmodelle ist der abgebildete Detailgrad von großer Relevanz. Einige Systemmodellierungen nutzen aggregierte Werte, wie beispielsweise den Durchschnitt einer Gruppe (z. B. **System Dynamics Modelle, SDM**). Andere Verfahren brauchen individuelle Daten, weil sie das Verhalten einzelner Individuen beschreiben, etwa die Dynamik, die sich aus der sozialen Interaktion von individuellen Akteuren (Agenten) ergibt (**Agenten-basierte Modelle, ABM**). Simulationen, wie ABM oder SDM, können tiefgehende Erkenntnisse über potenzielle Wirkungen von Politikinstrumenten erzielen. Allerdings kann es sehr **schwierig und ressourcenintensiv** sein, die notwendigen **quantitativen Daten zu beschaffen** und aufzubereiten. Das gilt vor allem dann, wenn die Wirkung von Politikinstrumenten auf individuelle Entscheidungen untersucht wird (ABM).

### 3 Wie sehen Beispiele für Systemmodelle aus?

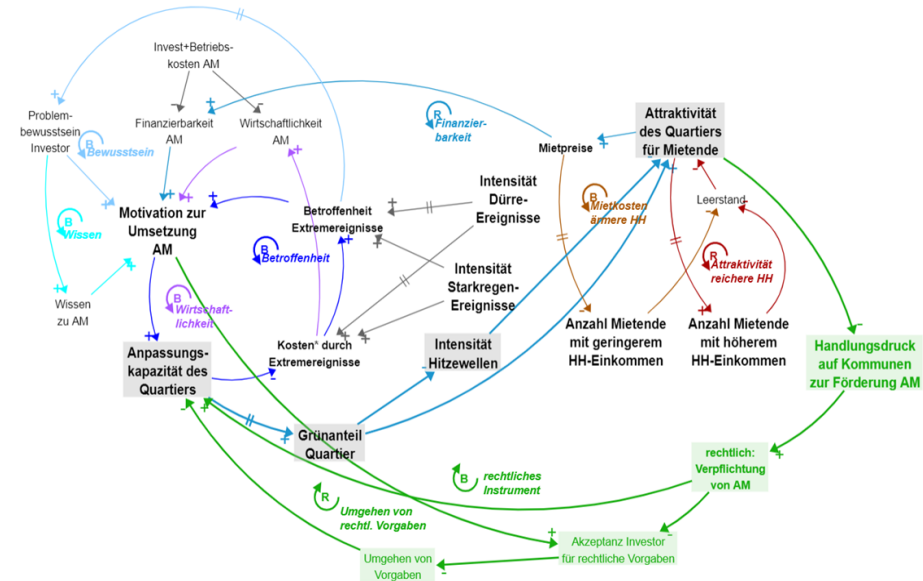
Um die Charakteristika der verschiedenen Systemmodellierungsansätze aufzuzeigen, wurden im PoliMod-Projekt **drei beispielhafte Systemmodelle** erstellt. Mittels eines **qualitativen (CLD/STM)** und zwei **quantitativen Modellen (SDM, ABM)** wurde analysiert, wie **drei fiktive Politikinstrumente** (informativ, ökonomisch, regulatorisch) auf die Systeme wirken könnten und welche Aspekte die verschiedenen Modellierungsansätze beleuchten können. Alle drei Modelle beschreiben dieselbe hypothetische Problematik: die **geringe Umsetzungsdynamik von Schwammstadt-Anpassungsmaßnahmen** in einem innerstädtischen Wohnquartier mit Mieter\*innen als Bewohnerschaft und einem Immobilienunternehmen, das alle Immobilien und Grundstücke im Quartier besitzt. Es zeigte sich, dass jede Modellierungsmethode andere Schwerpunkte setzt, um Politikinstrumente einzuschätzen.



#### Qualitatives Causal Loop Diagram (gehört zu STM):

Das vereinfachte CLD veranschaulicht das vorstellbare sozio-technische System der Ausgangsfragestellung. Das Diagramm bildet die Systemstruktur mit ihren vielfältigen Zusammenhängen ab. Dabei identifiziert es **Feedback-Loops**, die das nicht-lineare, meist nicht-intuitive Systemverhalten bedingen. Im beispielhaften CLD-Modell ergeben sich durch die **Einbindung der Politikinstrumente** neue verstärkende und ausgleichende Feedback-Loops. Dadurch verändert sich die Systemstruktur und somit das Systemverhalten. So zeigt das Modell, dass größere Grünanteile die Attraktivität des Viertels erhöhen, weshalb die Mieten steigen. So setzt letztlich die **Grüne Gentrifizierung** ein, da ärmere Mieter\*innen wegen der gestiegenen Mietpreise aus dem Viertel verdrängt werden und wohlhabendere Mieter\*innen zuziehen. Ein CLD wird nicht quantifiziert und ist daher nur deskriptiv dynamisch. Jedoch kann es vergleichsweise schnell (~ einige Tage) und wenig ressourcenintensiv erstellt werden.

Abbildung 3: Visualisierung des entwickelten qualitativen Causal Loop Diagram Testmodells

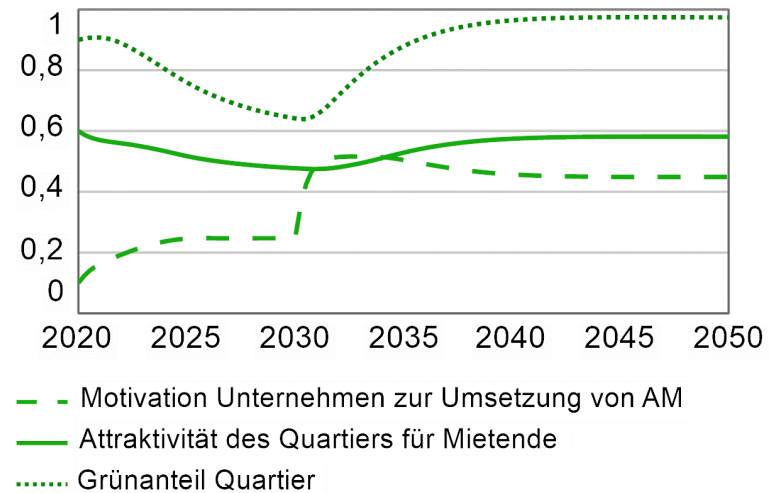


Quelle: PoliMod-Abschlussbericht, IÖR

### System Dynamics Simulationsmodell (SDM):

Ein SDM entsteht oft aus einem qualitativen STM (speziell CLD-Modell). Allerdings werden die **Systemzusammenhänge parametrisiert bzw. quantifiziert**. Damit entsteht ein dynamisches Simulationsmodell, das aufzeigt, wie sich Systemdynamiken verändern, sobald Politikinstrumente eingebunden werden. SDM-Modelle können zeitaufgelöste nicht-lineare Systemdynamiken abbilden sowie dynamische Kippunkte in Szenarienanalysen identifizieren. Im beispielhaften SD-Modell werden der Zeitpunkt der Auswirkungen von Anpassungsmaßnahmen auf den Grünanteil, die Attraktivität des Quartiers und den damit einhergehenden Weg- und Zuzug von Mieter\*innen **simuliert und in Diagrammen dargestellt**. Aufgrund der notwendigen Quantifizierung dauert die Modellierung deutlich länger als beim CLD (mitunter Jahre) und ist erheblich ressourcenintensiver.

Abbildung 4: Darstellung des Zeitverlaufs des Systems aus dem SDM-Testmodell



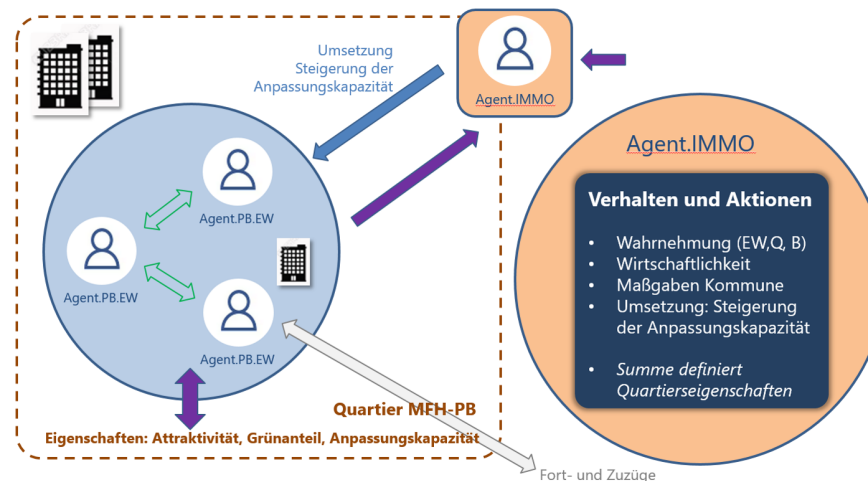
Quelle: PoliMod Abschlussbericht, IÖR



### Agentenbasiertes Simulationsmodell (ABM):

Ähnlich wie SDM bildet ABM komplexe, zeitaufgelöste Systemdynamiken ab. Allerdings bezieht es sich nicht auf gemittelte Werte (wie bei SDM), sondern beruht auf **individuellen Daten**, die **Interaktionen und Entscheidungen von einzelnen Akteuren** (Agenten) hervorrufen. Diese individuellen Entscheidungsregeln sind sehr aufwendig zu beschaffen. Aber sie haben das Potenzial, eine sehr detaillierte und heterogene Betrachtung der Akteure zu erfassen. Das ABM-Beispiel berücksichtigt, wie die Mieter\*innen, abhängig von der Quartiersattraktivität und Mietpreisen, einen Zu- oder Wegzug beschließen. Mit ABM lassen sich diese Entscheidungen bis in die **unterschiedlichen sozialen Milieus** mit den entsprechenden Verhaltensmustern nachverfolgen. Wegen der notwendigen, sehr detaillierten Datengrundlage ist die Modellierung von ABM noch aufwendiger als die von SDM (mitunter mehrere Jahre) und ist daher sehr ressourcenintensiv.

Abbildung 5: Grafisches Schema des entwickelten ABM-Testmodells



Quelle: PoliMod Abschlussbericht, IÖR

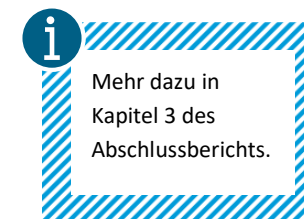


## 4 Wie sieht der Entstehungsprozess von Systemmodellen aus?

Um ein valides Systemmodell für die Wirkungsanalyse von Politikinstrumenten zu erstellen, müssen mehrere Prozessschritte in der Modellentwicklung berücksichtigt werden. Dazu müssen sich das Modellierungsteam und Auftraggeber\*innen intensiv absprechen. Hier werden die dafür erforderlichen Schritte kurz erläutert.

**Tabelle 1:**

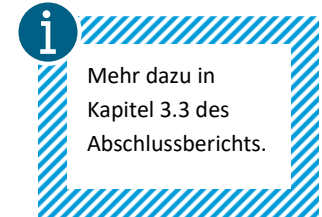
Schritt	Titel	Beschreibung
1	<b>Problemstellung und Modellierungsziel schärfen</b>	Zunächst ist es wichtig, die Fragestellung und das Ziel des Modelles sehr exakt zu definieren. Hilfreiche konkretisierende Fragen könnten sein: Welches bisher problematische Systemverhalten bzw. welche Systemdynamik soll das Politikinstrument verbessern? Wo bestehen Unsicherheiten über die zukünftigen Auswirkungen des Politikinstruments auf die betroffenen Akteure? Wer genau soll durch die Modellerkenntnisse beraten werden?
2	<b>Modellierungsmethoden auswählen</b>	Danach muss geklärt werden, welche Systemmodellierungsmethode(n) am besten geeignet sind, um das Problem und die Wirkung von Politikinstrumenten abzubilden. Diese Frage hängt insbesondere von den verfügbaren Ressourcen (Zeit, Finanzen, Personal, Expertise, Daten) ab. Außerdem ist zu klären, ob aggregierte Systembetrachtungen (Fokus auf Wechselwirkungen) ausreichen oder ob individuelles Akteursverhalten analysiert werden muss. Für letzteres sind Datenverfügbarkeit und Beschaffungsaufwand ausschlaggebend.
3	<b>Systemmodellstrukturen erstellen</b>	An dieser Stelle werden die Modellstrukturen erstellt. Dafür können Recherche, wissenschaftliche Vorarbeit und die Ergebnisse aus partizipativen Prozessen mit Stakeholdern genutzt werden.
4	<b>Quantitative Systemmodelle parametrisieren</b>	Dieser Schritt erübrigt sich für qualitative Methoden. Dagegen müssen Gleichungen oder Entscheidungsregeln in quantitativen Modellen mit quantitativen Daten versehen werden. Diese Quantifizierung ist vor allem für soziale Daten sehr aufwendig.



Schritt	Titel	Beschreibung
5	<b>Systemmodelle validieren und testen</b>	Die Modelle werden validiert, getestet und iterativ verbessert. Dies geschieht über Sensitivitätsanalysen, mathematische Validierungen, Abgleich von Simulationsergebnissen mit Daten aus der Vergangenheit und Expert*inneneinschätzungen.
6	<b>Wirksamkeit mit Modellszenarien analysieren</b>	Die Modellszenarien zeigen, unter welchen Bedingungen das Politikinstrument welche Auswirkungen auf das Systemverhalten oder die Systemdynamik hat. Dazu zählen nicht-intendierte Nebeneffekte, Kippunkte oder gegenseitige Beeinflussung von Politikinstrumenten.
7	<b>Erkenntnisse präsentieren</b>	Schließlich werden die Modellergebnisse für die Beratung derjenigen Entscheidungsträger*innen aufbereitet, die das Politikinstrument entwickeln. Hierbei müssen die Erkenntnisse verständlich und adressatengerecht präsentiert werden. Nur so werden die Modellerkenntnisse auch in der Beratungspraxis wirklich genutzt.

## 5 Was sind die Mehrwerte und Limitierungen von Systemmodellen?

Die hier diskutierten Modellierungsmethoden integrieren Komplexität und soziale Systemeinflüsse. Wie politische Instrumente vor allem *das komplexe soziale Verhalten der betroffenen Akteure beeinflussen*, kann so eingeschätzt werden. So unterstützen und ergänzen die Methoden die Politikberatung insbesondere bei interdisziplinären Herausforderungen.



**Tabelle 2:**

Mehrwerte	Limitierungen
Sie erlauben Experimente zu Auswirkungen von Politikinstrumenten („ <i>was-wäre-wenn</i> “). Damit können Nebeneffekte erkannt und bei der Gestaltung des Politikinstrumentes berücksichtigt werden.	Die Modellierungsmethoden sind <i>bislang wenig bekannt</i> in der Politikberatung. Deshalb fehlt vielfach noch die Expertise für ihre Erstellung.
Sie denken die <i>komplexe, nicht-lineare Wirkung</i> von Politikinstrumenten von Anfang an mit, wohingegen andere Methoden zumeist auf linearer kausaler Logik beruhen.	Vor allem quantitative Systemmodellierungen benötigen umfangreiche <i>zeitliche und finanzielle Ressourcen</i> . Damit sind v. a. quantitative Modelle für kurzfristige Entscheidungsunterstützung eher nicht zweckmäßig.
Sie können das <i>Verhalten von Akteuren</i> als Reaktion auf Politikinstrumente abbilden. Dabei zeigen sie, wie, wann und warum sich deren Verhalten verändern kann.	Systemmodelle sind aufgrund der Komplexität und Unvorhersagbarkeit zukünftiger Randbedingungen trotz allem <i>keine Werkzeuge für exakte Zukunftsprognosen</i> . Mit ihnen lassen sich aber verschiedene Szenarien für das zukünftige Systemverhalten entwickeln und vergleichen.
Viele Modelle können auf einer <i>partizipativen und interaktiven Grundlage</i> entwickelt werden. Das führt zu einer ganzheitlicheren Wirksamkeitsbewertung von Politikinstrumenten und stärkt die Fähigkeit zur Konsensfindung.	Menschliches <i>Verhalten</i> , v. a. heterogenes individuelles Verhalten, lässt sich nur sehr <i>schwer quantifizieren</i> und in Modellen abbilden.
Sie ermöglichen <i>eine ganzheitliche Erfassung</i> der Auswirkungen von Politikinstrumenten, insbesondere in interdisziplinären Bereichen.	Die Modelle sind <i>nie rein rational oder objektiv</i> . Die Subjektivität der am Modellierungsprozess Beteiligten fließt immer mit ein und kann die Ergebnisse beeinflussen.

## 6 Wie können Systemmodelle die Politikberatung unterstützen?

In der Politik müssen immer wieder komplexe Entscheidungen getroffen werden. Und jede kann sehr folgenreich sein, so auch die Einführung neuer Politikinstrumente. Neben anderen Ansätzen können die vorgestellten explorativen Systemmodellierungsmethoden einen großen Nutzen für die Politikberatung generieren. Denn sie erlauben, was andere Verfahren nicht in demselben Maße schaffen: sie berücksichtigen die komplexen Wirkungen von Politikinstrumenten von Anfang an und machen sie so verständlicher. Trotz ihrer vielen Vorteile werden die Methoden in der Politikberatung **bisher selten praktisch angewendet**. Meist erwartet die Politik schnelle Lösungen, klare Vorhersagen und eingängige Kommunikation. Systemmodellentwickler\*innen haben den Anspruch, die vorhandene Komplexität nicht zu vernachlässigen, sondern sie zu erfassen. Dafür können die genannten Systemmodellierungen genutzt werden. Mögliche Gründe für dieses **Spannungsverhältnis zwischen Entscheidungsträger\*innen und Modellentwickler\*innen** sind unten grafisch illustriert und lassen sich durch Wissenstransfer schrittweise auflösen.

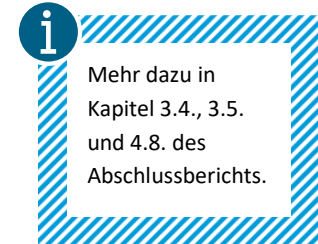
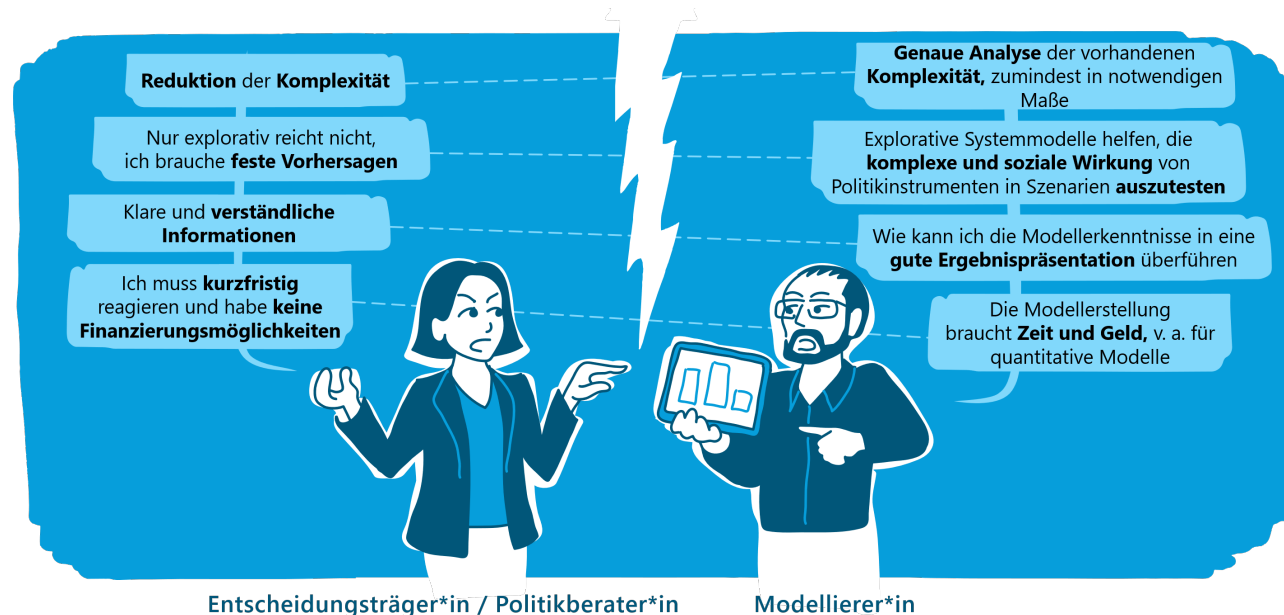


Abbildung 6: Illustrative Darstellung der Konfliktsituation zwischen Entscheidungs- und Modellierungsverantwortlichen



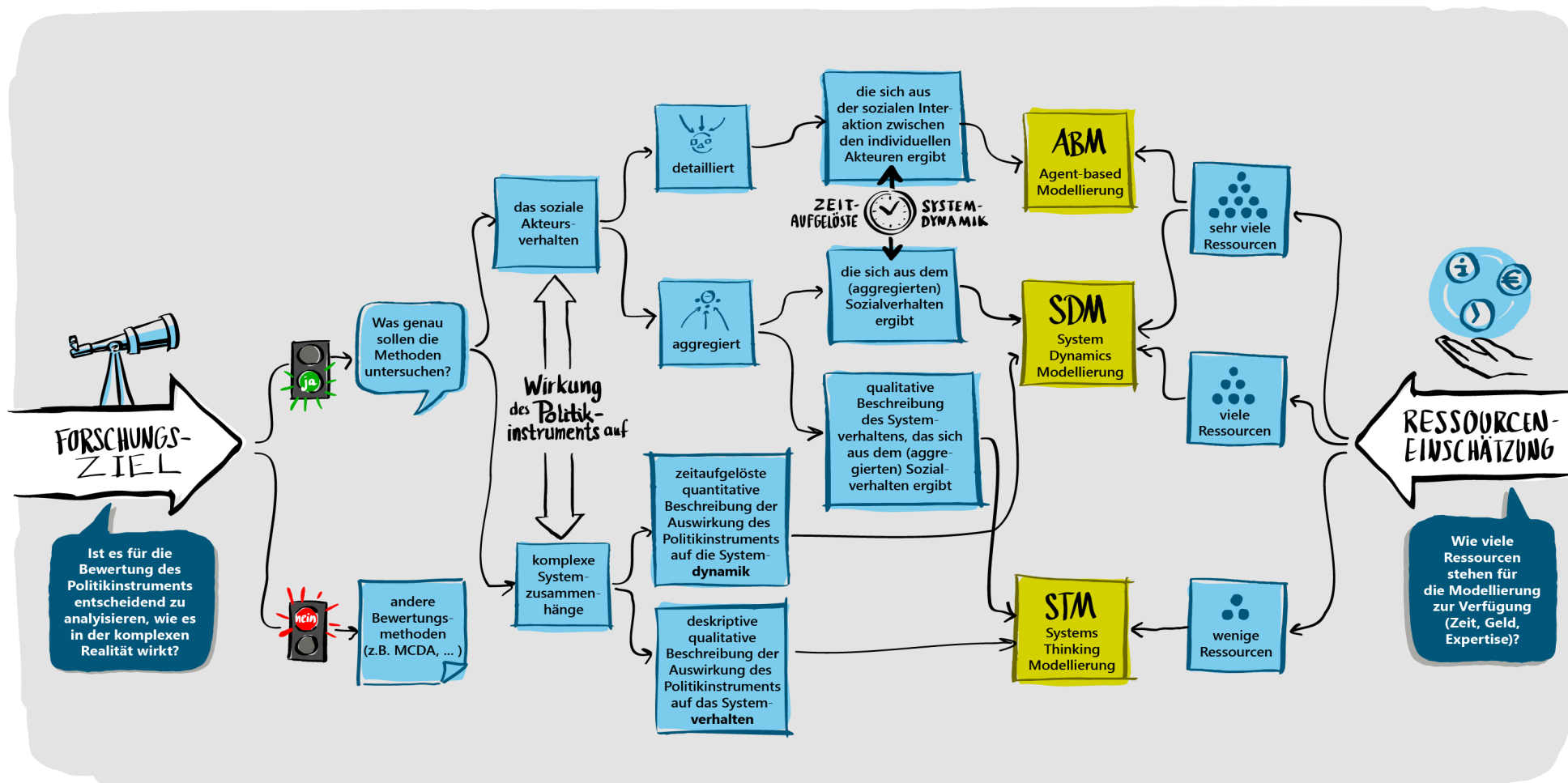
Quelle: Eigene Darstellung, IÖR, Illustration: Nicolaas Bongaerts

**Qualitative Systemmodellierungen** sind niederschwellige Verfahren. Sie sind schnell durchführbar, interaktiv, interdisziplinär, wenig ressourcenintensiv und ihre Ergebnisse sind gut visualisierbar. Wenn Expert\*innenmeinungen auseinandergehen oder Unsicherheiten bestehen, können diese Methoden helfen, andere Perspektiven nachzuvollziehen. Aus diesem Grund sind sie ideal für die **Anfangsphase von Politikinstrumentenentwicklungen**, wenn Wissen für einen Systemüberblick zusammengetragen, synthetisiert, nicht-lineare Zusammenhänge aufgedeckt und Prioritäten gesetzt werden müssen. Qualitative Systemmodelle liefern eher allgemeine und beschreibende Aussagen über die Wirkung von Politikinstrumenten in komplexen sozialen Systemen.

Für tiefgehendere Erkenntnisse eignen sich **quantitative Systemmodellierungen**. Sie sind zwar deutlich ressourcenintensiver, können aber auch die **komplexen zeitlich aufgelösten Dynamiken** sichtbar machen, die sich aus Abhängigkeiten und Rückkopplungen im System (SDM) oder individuellen menschlichen Handlungen ergeben (ABM). Sobald sie einmal erstellt sind, ermöglichen sie Experimente durch **Szenarienanalysen**. Wenn ausreichend Ressourcen zur Verfügung stehen, ist diese Herangehensweise zweckmäßig, um tiefgreifende und langfristig wirkende Politikinstrumente besser zu verstehen.

Die **Wahl der besten Modellierungsmethode** zur Einschätzung der Wirkungen von Politikinstrumenten ist **nicht immer trivial** und hängt von verschiedenen Faktoren ab. Die **folgende Grafik bietet eine Entscheidungshilfe**. Falls die komplexe oder soziale Wirkung eines Politikinstrumentes beforscht werden soll, kann die Wahl zwischen den aufgeführten Methoden entweder aus Sicht der pragmatischen Ressourceneinschätzung oder aus dem Blickwinkel des Forschungsziels getroffen werden. Die Frage nach den Ressourcen führt zu einer zügigen Antwort: Eine große Ressourcenverfügbarkeit erlaubt alle Arten der Systemmodellierung. Begrenzte Ressourcen beschränken die Auswahl auf STM und eventuell SDM. Mit wenigen Ressourcen sind nur qualitative STM möglich. Vom Forschungsziel ausgehend, müssen mehrere Aspekte bedacht werden. Es ist vor allem wichtig, ob sich die Modellierung auf Systemzusammenhänge oder eher auf das soziale Verhalten der Akteure konzentrieren soll. Systemzusammenhänge und Rückkopplungen können qualitativ oder quantitativ beschrieben werden, sodass STM und SDM die besten Methoden sind. Das Akteursverhalten in Systemen lässt sich wiederum entweder sehr detailliert oder aggregiert beschreiben. Im ersten Fall ist ABM eine sinnvolle Option. Im zweiten Fall passen entweder STM oder SDM, je nachdem, ob eine qualitative oder quantitative Einschätzung des Politikinstrumentes zielführender ist.

Abbildung 7: Illustration des Entscheidungsbaums für die Methodenauswahl von Systemmodellierungsmethoden



Quelle: Eigene Darstellung, IÖR; Illustration: Nicolaas Bongaerts

## Weiterführende Literatur

### Systems Thinking:

- ▶ Donella Meadows: Thinking in Systems (ISBN: 1603580557)
- ▶ David Peter Stroh: Systems Thinking for Social Change (ISBN: 160358580X)

### System Dynamics:

- ▶ Andrew Ford: Modelling the Environment (ISBN: 1597264733)
- ▶ Donella Meadows, Jorgen Randers und Dennis Meadows: Limits to Growth – The 30-Year Update (193149858X)

### Agentenbasierte Modellierung:

- ▶ Silvio Andrae und Patrick Pobuda: Agentenbasierte Modellierung: Eine interdisziplinäre Einführung (ISBN 978-3-658-34952-3)
- ▶ Claudius Wagemann, Achim Goerres und Markus Siewert: Handbuch Methoden der Politikwissenschaft (ISBN: 978-3-658-16935-0)

## Weiterführende Online-Kurse

**Systems Thinking:** Coursera-Kurs „Systems Thinking in Public Health“ <https://www.coursera.org/learn/systems-thinking>

**System Dynamics:** „System Dynamics Modelling and Analysis Course“ der Universität Bergen <https://systemdynamics.org/product/system-dynamics-modelling-analysis-bergen/>

**Agentenbasierte Modellierung:** Coursera-Kurs „Introduction to Agent-based Modeling with NetLogo“, <https://www.coursera.org/projects/abm-netlogo>

## Anwendungsbeispiele

**Systems Thinking:** Integrated Assessment Modell Nachhaltiges Deutschland, [https://imodeler.info/ro?key=AZ1G5dBFBFpJygUEe\\_RvcvA](https://imodeler.info/ro?key=AZ1G5dBFBFpJygUEe_RvcvA)

**System Dynamics:** En-ROADS Climate Solutions Simulator, <https://en-roads.climateinteractive.org/>

**Agentenbasierte Modellierung:** Beispielmodelle in NetLogo, <http://www.netlogoweb.org/launch>



---

## Impressum

### Herausgeber

Umweltbundesamt  
Wörlitzer Platz 1  
06844 Dessau-Roßlau  
Tel: +49 340-2103-0  
[buergerservice@uba.de](mailto:buergerservice@uba.de)  
Internet: [www.umweltbundesamt.de](http://www.umweltbundesamt.de)  
[f/umweltbundesamt.de](https://www.facebook.com/umweltbundesamt.de)  
[t/umweltbundesamt](https://twitter.com/umweltbundesamt)

Stand: März/2024

### Autorenschaft, Institution

Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung e.V.  
Weberplatz 1  
01217 Dresden  
Tel.: +49 351 46790  
[info@ioer.de](mailto:info@ioer.de)  
Internet: [www.ioer.de](http://www.ioer.de)  
X/Twitter: [@IOER\\_de](https://twitter.com/IOER_de) | Mastodon: [@ioer@wisskomm.social](https://mastodon.social/@ioer) | YouTube: [@IOERDD](https://www.youtube.com/@IOERDD)  
[LinkedIn](#) | [ResearchGate](#) | [Zenodo](#)

Autorenschaft: Dr. Christoph Schünemann, Elena Reger, Dr. Hendrik Herold  
Illustrationen: Nicolaas Bongaerts/IÖR-Media