

Dr. W. Neumann, Dr. J. zum Hingst, H.-H. Schmidt-Kanefendt:

100prosim - Simulation dekarbonisierter Energiesysteme

RLI-Dialog | Workshop ‚StEmp‘ | Berlin | 06.09.2017



Beteiligte

100prosim

Dr. Werner Neumann (Referent)

Sprecher des Bundesarbeitskreises Energie
Wissenschaftlicher Beirat des BUND
Vielfache Anwendungserfahrung mit 100prosim
Initiator und Mitautor von 100prosim ‚light‘

Bund für
Umwelt und
Naturschutz
Deutschland



Dr. Jens zum Hingst (Co-Referent)

Abteilungsleiter Energiesystemanalyse
Projektleiter Szenario-Gutachten Niedersachsen
Projektpartner 100prosim ‚High-End‘-Entwicklung
Anwendungserfahrung in der Landespolitik



Hans-Heinrich Schmidt-Kanefendt (verhindert)

Wiss.Mitarb. ‚Regionale Energiekonzepte‘ Hochschule für angewandte
Mitarbeit Bundesarbeitskreis Energie BUND
Autor 100prosim - Methodik und Szenariotools
Anwendungserfahrung in 80 Szenario-Workshops



- **Anwendung**
- Ausrichtung
- Erfahrungen
- Backup: Merkmale



Anwendung

100prosim

auf deutsche Regionen seit 2009:

- 47 Landkreise / Großräume
(23% Bevölkerung, 24% Bodenfläche)
- 8 Bundesländer
(52% Bevölkerung, 68% Bodenfläche) ⇒
- Deutschland insgesamt
- 81 Workshops / Workshopserien
- Von 50 Organisationen beauftragt, u. a.:
- 7 Studien publiziert,
weitere Publikationen mit
Beiträgen zu 100prosim-Szenarien



Komplette Liste: <http://skn.privat.t-online.de/wattweg/Erfahrung.html>.

Anwendung

Stakeholder

- Politikschaffende
- Umweltschutz-Verbände
- Kommunalverwaltungen
- Stromanbieter
- Landwirte
- Wissenschaft
- Landesministerium
- Interessierte Bürger*innen
(Wähler, Konsumenten, Großeltern)

100prosim

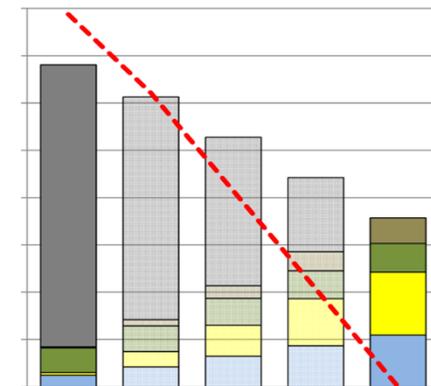


Gutachter-Konsortium,
Leitung Prof. Dr.-Ing. M. Faulstich



Unterstützung beim Diskurs um Energiewende:

- Welche Möglichkeiten für 100% Erneuerbare Energien in unserer Region?
- Gestaltung fundiert kalkulierter Szenarien
- Diskussion der Wirkung
- Möglichkeitsraum erkunden durch Szenario-Varianten



- Anwendung
- **Ausrichtung**
- Erfahrungen
- Backup: Merkmale



Ausrichtung

100prosim

1. *Wie ist die komplette Dekarbonisierung“ erreichbar?*

- ⇒ Unumgänglich zur Einhaltung der 2°-Verpflichtung
- ⇒ Zielfokus: **100% Erneuerbare Energien bis 2050**
- ⇒ **Backcasting** zur Minimierung der Risiken:
Fehlinvestitionen, Zeitverzögerungen, Existenzgefahren



>>> Merkmal 1

2. *Wie kann ein optimales Gesamtsystem aussehen?*

- ⇒ **Konsistentes Modell** umfasst alle Verbrauchssektoren, Erneuerbaren Energien und Wandlungsstufen
- ⇒ **Synergien** und **Nutzungskonkurrenzen** voll im Blick



>>> Merkmal 2

3. *Wie sind künftige Import-Unsicherheiten minimierbar?*

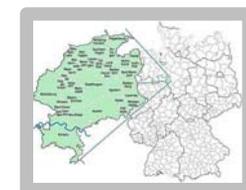
- ⇒ Übergang von <20% auf 100% EE auch global notwendig
- ⇒ Negative Folgen für Weltmarktpreise, Zugangssicherung...
- ⇒ Grundannahme: **Selbstversorgung Deutschlands**



>>> Merkmal 3

4. *Was bedeuten 100% EE für mein eigenes Lebensumfeld?*

- ⇒ „Erneuerbare ja – aber bitteschön nicht vor meiner Haustür“
- ⇒ Erfolgsentscheidend: Akzeptanz für die Lastenverteilung
- ⇒ **Datenmodell regional skalierbar: Landkreise, Bundesländer...**



>>> Merkmal 4

5. *Wieviel Flächen für Energiegewinnung?*

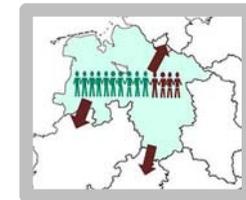
- ⇒ Erneuerbare Energien sind **in der Fläche aufzufangen**
- ⇒ **Wirtschaftliche Lösungen** sind nur **in den Grenzen der physischen Gegebenheiten** zu erwarten
- ⇒ Flächenbeanspruchung im Rahmen der **Flächenpotenziale** unter Beachtung von **Nutzungskonkurrenzen** und **Akzeptanz**
- ⇒ **Flächenmodell** als Basis für **Kalkulation der Energieerträge**



>>> Merkmal 5

6. *Wie können die Regionen durch Austausch profitieren?*

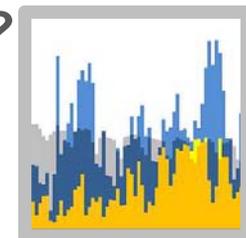
- ⇒ Energieverbrauch und Möglichkeiten für EE sind regional sehr unterschiedlich, **Win-Win-Situation durch Austausch**
- ⇒ **Kalkulatorischer Ansatz** für interregionalen Austausch gemäß **„Solidarprinzip“**



>>> Merkmal 6

7. *Was fordert Stromspeicherung an Kapazität & Verlusten?*

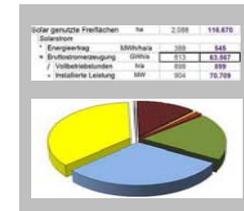
- ⇒ **Langzeitspeicherung über Wasserstoff** erfordert große Kapazitäten und verursacht hohe Wandlungsverluste
- ⇒ **Dynamische Simulation** ermöglicht **Potenzialüberprüfung** und **Verlustausgleich** durch Ausweitung Energiegewinnung



>>> Merkmal 7

8. Wie ist das Verständnis für die Szenarien zu fördern?

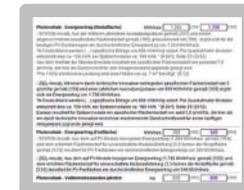
- ⇒ Nichtexperten bringen für die komplexen Zusammenhänge oft nicht ausreichend **Verständnis** mit, das zur **Vertrauensbildung** und für **konstruktive Diskussionen** erforderlich ist
- ⇒ Eine **volltransparente tabellarische Kalkulation** fördert das Verständnis ebenso wie entsprechende Diagramme



>>> Merkmal 8

9. Wie ist das Vertrauen in die Szenarien herzustellen?

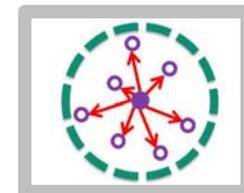
- ⇒ Entscheidend für das Vertrauen in das Szenario und konstruktive Diskussionen ist die **Belastbarkeit der Annahmen**
- ⇒ Ein als Kalkulationsgrundlage **fundierte hergeleitetes Datenmodell** vertieft das **Verständnis** und schafft **Vertrauen** in dessen Belastbarkeit



>>> Merkmal 9

10. Wo liegt das gewünschte Optimum für 100% EE?

- ⇒ Ein Szenario stellt immer nur eine Möglichkeit von vielen dar, zur **Suche nach einem gewünschten Optimum** dienen **Varianten vom Basisszenario**
- ⇒ Zum schnellen Experimentieren mit verschiedenen Varianten sind Ansätze aus dem Datenmodell mit **Ad-hoc-Eingaben** zu überlagern (für Workshopteilnehmerkreise sehr motivierend)



>>> Merkmal 10

100prosim light – Szenario auf einem Blatt

100prosim light	170423hsk	Szenario-Variante	Einwohner (Personen)	Bodenfläche ges. BF (ha)	Energieverbr. solidar (Pers.)	Regionsfaktor Ziel/Referenz	Waldfläche WF (ha)	Landwirtsch.-fläche LF (ha)
Referenzregion:	Deutschland		80.000.000	35.700.000	80.000.000		10.800.000	18.700.000
Zielregion:	Lkr. Fulda	170423.A2	220.132	138.048	309.351	0,003866891	49.235	66.788
1. Energienutzung (GWh/a)				Strom	Brennstoffe + Wärme (ohne Strom)			Summe
					Prozesswärme	Gebäudewärme	Verkehr	
Deutschland			Endverbrauch heute	520.000	450.000	850.000	750.000	2.570.000
(Referenzregion)			künftige Einsparung (%)	54	64	63	69	
Lkr. Fulda			Endverbrauch heute	2.011	1.740	3.287	2.900	9.938
(Zielregion)			künftige Einsparung (%)	54	64	63	69	
			Einsparung absolut	1.086	1.114	2.071	2.001	
			Restbedarf konventionell	925	626	1.216	899	3.667
Ziel proportional Referenz:	588		Zusatzbedarf Prozesswärme	581 <	-581			
Ziel proportional Referenz:	191		Zusatzbedarf Wärmepumpen	183 <	(Antriebsstrom)	-549	(Umweltwärme inkl. Antriebsstrom)	
Ziel proportional Referenz:	588		Zusatzbedarf Elektro-Fahrzeuge	611 <			-611	
Ziel proportional Referenz:			Zusatzbedarf Power to Gas	143 <	(stoffliche Verwendung in der Kunststoffproduktion)			
Ziel proportional Referenz:			Zusatzbed. Speicher+Netzverluste	541 <	(Stromspeicher mit Wasserstoff (Rückverstrom. siehe unten), Netzverluste)			
			Verbrauch Ziel 100%EE	2.984	45	667	288	3.985
2. Deckung durch EE (GWh(a))								
Windparkfläche % v. BF:	2,2	2,2	Windenergie onshore	1.519				
Installierte Leistung D (GW):	10	10	Windenergie offshore anteilig	155				
Quadratmeter/Person:	17	17	Photovoltaik Dachflächen	789				
PV-Freifläche % von LF:	0,5	0,49	Photovoltaik Freiflächen	149				
Quadratmeter/Person:	5	5	Solarthermie			387		
Ziel proportional Referenz:			Rückverstromung Wasserstoff	135 (aus Stromspeicher)		119 (KWK-Abwärme)		
Ziel proportional Referenz:	77		Wasserkraft	77				
% vom Zuwachs auf WF:	45	45	Biomasse Holz verstromt	162		162 (KWK-Abwärme)		
% vom Zuwachs auf WF:	5	5	Biomasse Holz Prozesswärme		46			
Anbaufläche % von LF:	0	0	Biomasse Landwirtsch. verstromt	0		0 (KWK-Abwärme)		
Anbaufläche % von LF:	0	0	Biomasse Landwirtsch. Prozessw.		0			
Anbaufläche % von LF:	14	14	Biomasse Landwirtsch. Kraftstoff				288	
			Erzeugung Ziel 100%EE	2.985	46	668	288	3.987
			Über-/Unter-Deckung	1	0	0	0	2

- Anwendung
- Ausrichtung
- **Erfahrungen**
- Backup: Merkmale



Erfahrungen

Die Teilnehmer machen das Szenario!

100prosim



- Regionaler Ansatz aktiviert regionale Akteure
- Breites Spektrum der Teilnehmer: Bürger, Wissenschaft, Wirtschaft, Umwelt, Kirche, Versorger, Betreiber, Kommune, Landwirtschaft, Recht,
- Von örtlicher Ebene bis zu wissenschaftlicher Studie –
bisher Σ 81 Workshops, 50 Organisationen, 7 wiss. Studien
- Abwägung zwischen verfügbaren Energiedienstleistungen und Auswirkungen
(Energiebereitstellung, Landschaft, regionale Wirtschaft, Importe, Exporte,..)
- Liefert konkret vorstellbare Ergebnisse (Anforderungen an Wärmeschutz,
Anzahl von Windenergieanlagen, Fläche von Solardächern...)
- Motiviert zur Diskussion der Umsetzbarkeit und erforderlichen Maßnahmen
(Einsparprogramme, Förderprogramme, Schaffung von Agenturen usw.)

Rückmeldungen von Workshop-Veranstaltern: <http://skn.privat.t-online.de/wattweg/media/files/Szenario-Workshops140811.pdf>

Erfahrungen

Verständlichkeit und Glaubwürdigkeit

100prosim



- Primäre Orientierung auf interdisziplinär verständliche, breit variable Erstellung von 100% Szenarien durch vielfältige Stakeholder
- Aktive Beteiligung führt zu vertieftem Bewusstsein für die Zusammenhänge
- Sachlich fundierte Diskussionen und Entscheidungen, da Kalkulation sowohl praktisch, verständlich, transparent, als auch wissenschaftlich begründet
- Mathematisch klare Abbildung von gesellschaftlichen Anforderungen und Kriterien schafft politische und gesellschaftliche Bezüge
- **Vorschlag: Übersichtlicher Vergleich von Szenarien in Kopernikus-Projekten**

Rückmeldungen von Workshop-Veranstaltern: <http://skn.privat.t-online.de/wattweg/media/files/Szenario-Workshops140811.pdf>

Dr. Werner Neumann

www.bund.net



Dr. Jens zum Hingst

www.cutec.de

CUTEC

Informationen
Ressourcen
Energie

Hans-Heinrich Schmidt-Kanefendt

www.wattweg.net



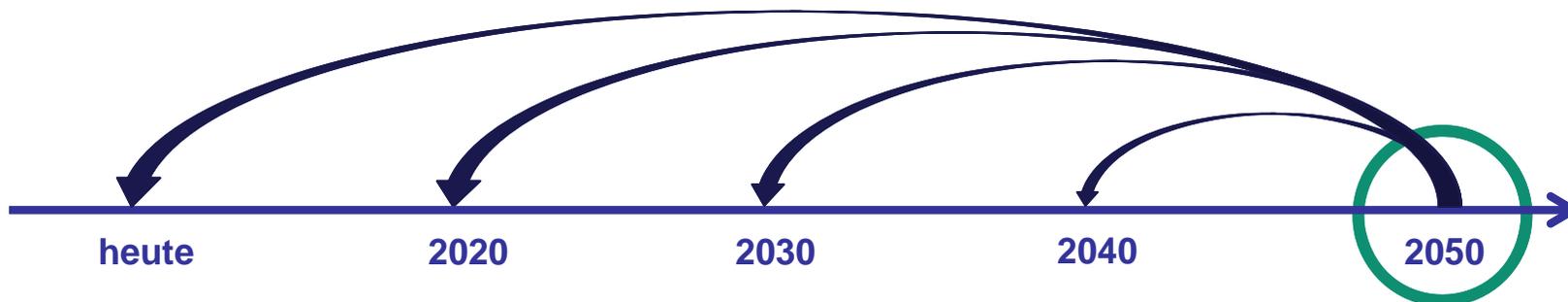
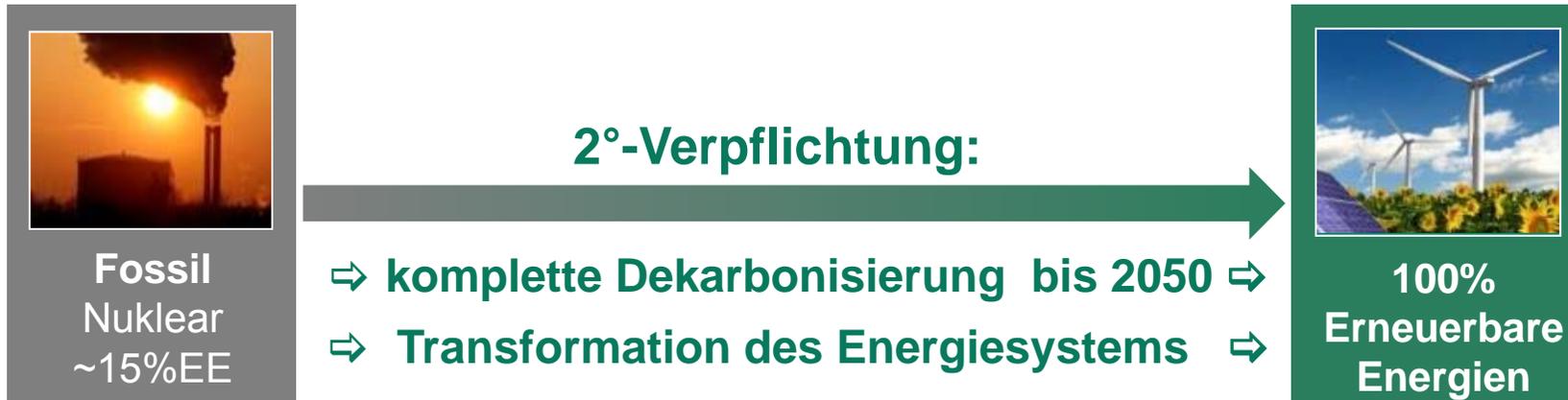
- Anwendung
- Ausrichtung
- Erfahrungen
- **Backup: Merkmale**



Merkmale

100prosim

1. Zielfokus: 100% Erneuerbare Energien



⇒ Risikominimierung von Fehlinvestitionen, Zeitverzügen, Existenzgefahren

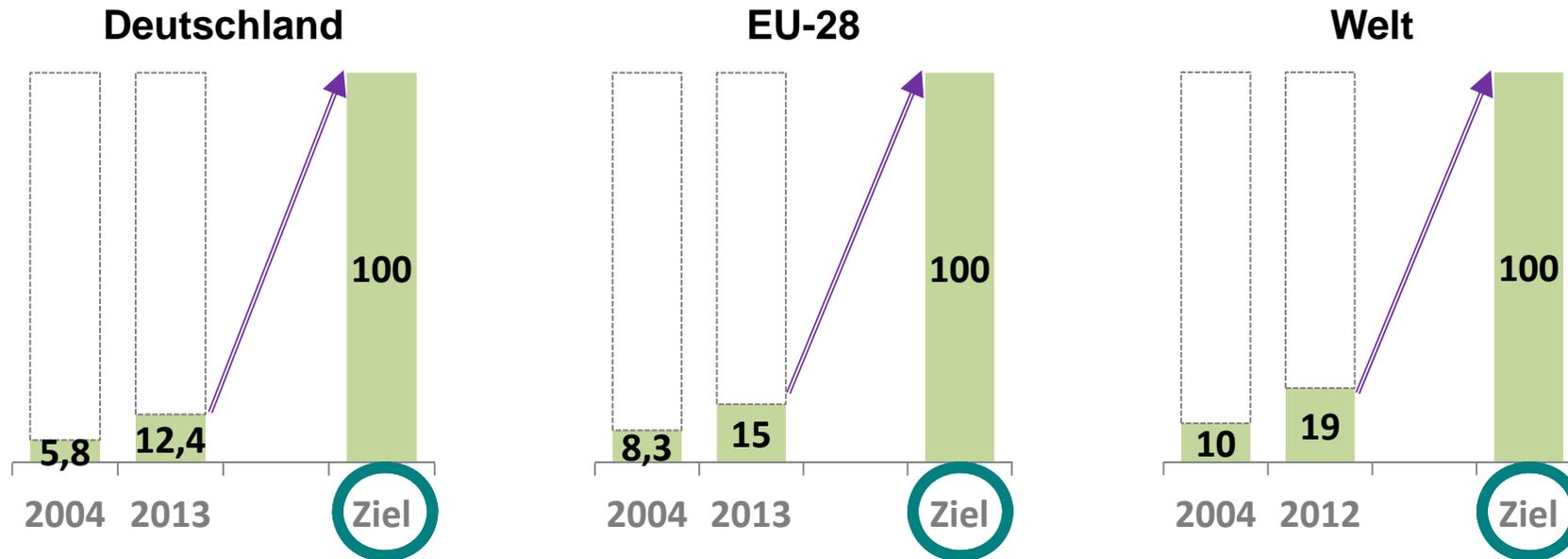
2. Ganzheitliche Betrachtung - Sektorkopplung



⇒ **Realistische Sicht: Beachtung von Synergien und Nutzungskonkurrenzen**

3. Selbstversorgung Deutschlands

Erneuerbarer Anteil am Energieverbrauch* (%):



Importe?

Weltmarktpreise?
Zugangssicherung?
Verteilungskonflikte?

⇒ **Selbstversorgung = Vermeidung gravierender Import-Unsicherheiten**

*) Bruttoendenergieverbrauch über sämtliche Energieträger

Quellen: https://de.wikipedia.org/wiki/Erneuerbare_Energien, abgerufen am 28.10.2015.

Share of renewable energy in gross final energy consumption. Internetseite der Europäischen Union. Abgerufen am 13. Juni 2015.

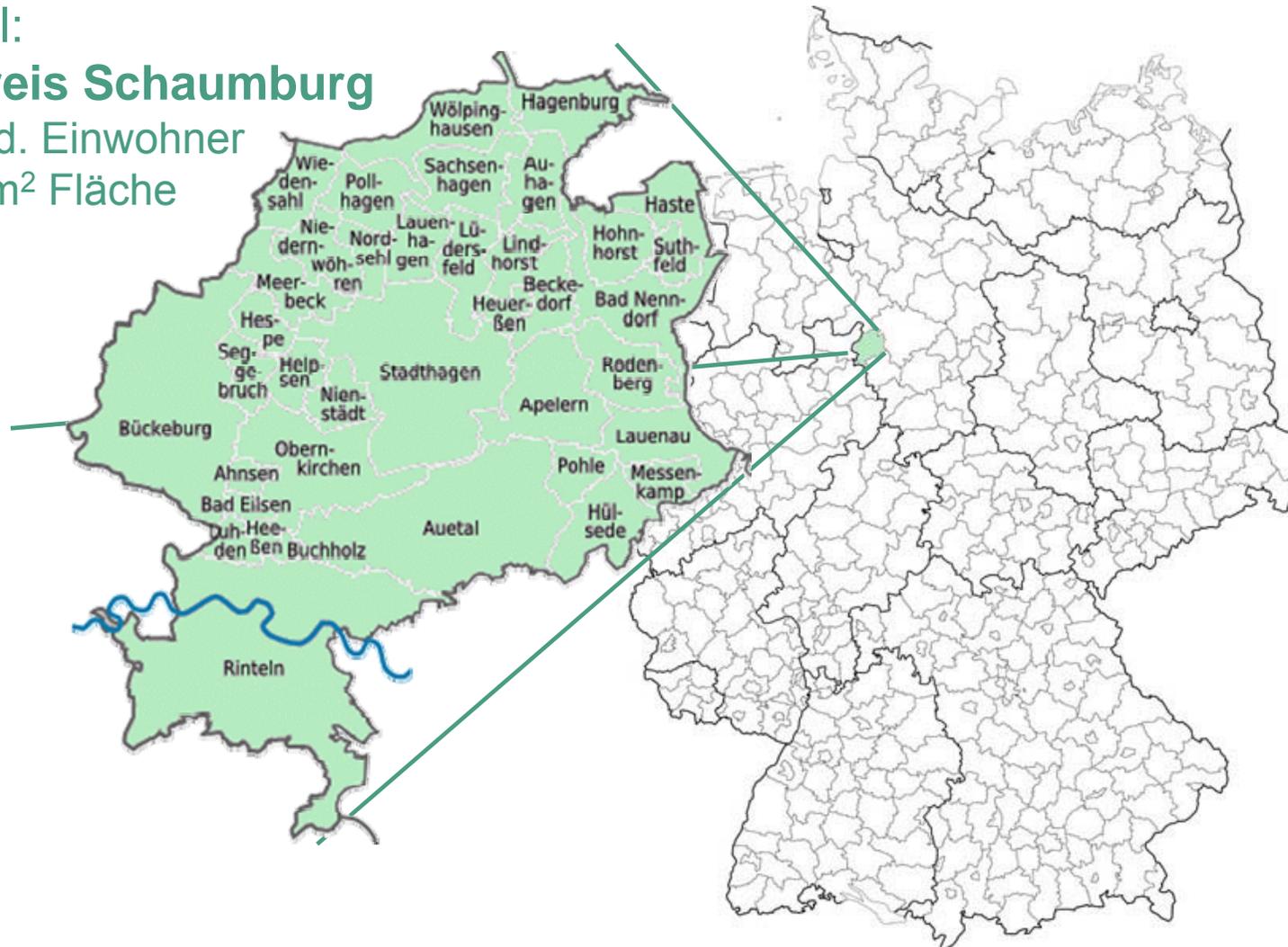
Global Status Report 2014. Internetseite von REN21. Abgerufen am 8. August 2014..

4. Regionale Skalierbarkeit

Beispiel:

Landkreis Schaumburg

164 Tsd. Einwohner
675 km² Fläche



⇒ Konkrete Vorstellung zu 100%EE: Wirkung auf das eigene Lebensumfeld

Merkmale

100prosim

5. Flächenbeanspruchung als primäres Gestaltungskriterium

Erneuerbare Energien gewinnen = natürliche Energieströme in der Fläche auffangen

$$\text{Energieertrag} = \text{Fläche} \times \text{Intensität}_{\text{fix}} \times \text{Wirkungsgrad}_{\text{Technologie}}$$



Sonstige Flächen 15% BF

Gebäude-&Freifl. (GF) 7%

Waldfläche (WF) 22% BF
44 % vom Zuwachs

2,1 % von BF:
(weiter nutzbar)

4,5 % von LF:

Landwirtschaftsfläche (LF) 55% von BF
11% von LF

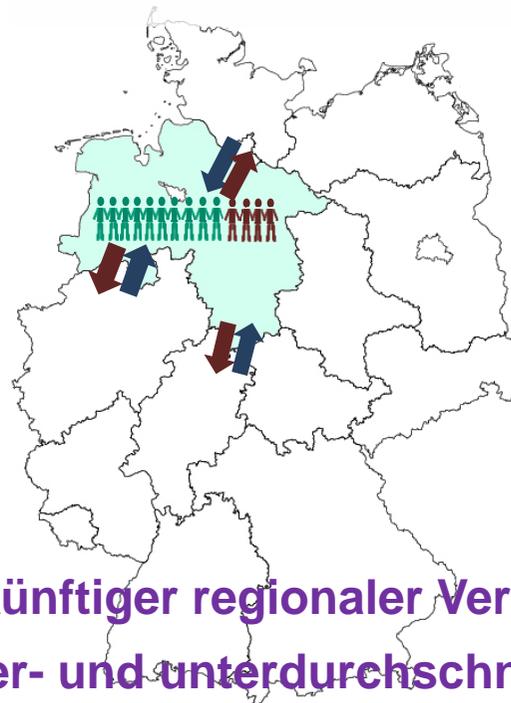


\Rightarrow **Wirtschaftliche Lösungen nur in den Grenzen des physisch Möglichen**

6. Interregionaler Austausch - Solidarprinzip

Kernfrage: Wie hoch ist der künftig zu deckende Energieverbrauch?

- ▶ **Territorialprinzip:** Tatsächlicher Verbrauch innerhalb der Region
- ▶ **Verursacherprinzip:** Pro-Kopf-Verbrauch x Einwohnerzahl
Beispiel Nds.: Von 7,8 Mio. Einwohnern verursachter Energieverbrauch (100%)
- ▶ **Solidarprinzip:** Pro-Kopf-Verbrauch x Energieverbraucherzahl
Beispiel Nds.: Zusätzlich Export in benachbarte Ballungsräume für 2,9 Mio. (+38%) + (10,7 Mio. Energieverbraucher unter fiktiver Annahme deutscher Bevölkerungsdichte auf Fläche Nds.)



Energieexport



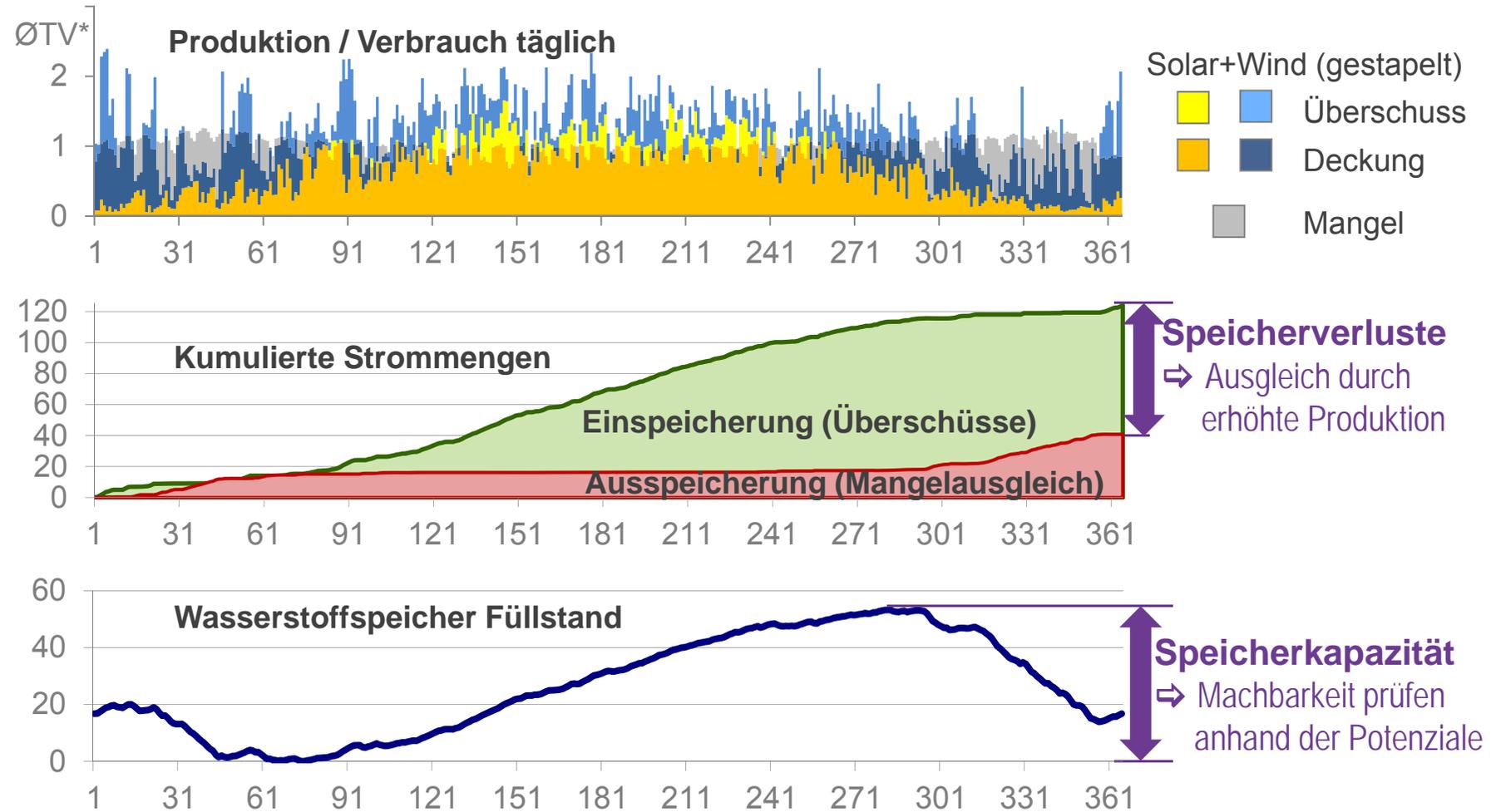
Güterimport



- ⇒ **Unabhängig von künftiger regionaler Verteilung energieintensiver Industrie**
- ⇒ **Ausgleich von über- und unterdurchschnittlichen Möglichkeiten für 100%EE**

7. Dynamische Simulation Stromspeicherung

Beispiel ‚Niedersachsen 100%EE‘ (150826):



⇒ **Abdeckung der Anforderungen an Verlustausgleich und Speicherpotenzial**

*) ØTV: Auf durchschnittlichen Tagesverbrauch der Region normiert.

8. Volltransparente Kalkulation

Tabellen:



Beispiel

S.1:

5	Flächenart / Energetische Nutzung	Status		Ziel		Änderung Ziel/Status	Quelle
		1,2,3	ha	% v.HS	ha		
6	Hierarchiestufe (HS)						
8	Bodenfläche gesamt		4.761.378	-	4.761.378	-	[D.1.64]
9	Gebäude- & Freifläche (Siedlung)		351.478	7,4	408.053	1,16	[D.1.69]
10	Solare Dachflächen		1.825	0,5	28.600	15,67	[D.1.120]
12	Landwirtschaftsfläche (LF)		2.639.468	55,4	2.582.893	0,98	[D.1.75]
13	1 Solare Freiflächen		2.088	0,1	116.670	55,87	[D.1.129]
14	Ackerland		1.880.000	71,2	1.766.434	0,94	[D.1.80]
15	Getreide-Anbaufl. (Stroh)		898.000	47,8	898.000	1,00	[D.1.85]
16	Energiefl. (Biogas)		279.961	14,9	226.620	0,85	[D.1.365]

S.2:

19	Solar genutzte Freiflächen	ha	2.088	116.670	[1.13]
20	Solarstrom				
21	2 * Energieertrag	MWh/ha/a	389	545	[D.1.161]
22	3 = Bruttostromerzeugung	GWh/a	813	63.567	[19] [21]
23	4 / Vollbetriebstunden jährlich	h/a	899	899	[D.1.166]
24	5 = Installierte Leistung	MW	904	70.709	[22] [23]

⇒ Grundlage für Vertrauensgewinn und konstruktive Diskussionen

9. Fundiert hergeleitetes Datenmodell

Kalkulationstabelle

S.2:

19	Solar genutzte Freiflächen	ha	2.088	116.670	[1.13]
20	Solarstrom				
21	* Energieertrag	MWh/ha/a	389	545	[D.1.161]
22	= Bruttostromerzeugung	GWh/a	813	63.567	[19] [21]
23	/ Vollbetriebstunden jährlich	h/a	899	899	[D.1.166]
24	= Installierte Leistung	MW	904	70.709	[22] [23]

Datenmodell

D.1:

166	Photovoltaik - Vollbetriebstunden jährlich	h/a	899	[167]	899	[169]
-----	--	-----	-----	-------	-----	-------

167 - STATUS-Ansatz: Gemäß AEE [9.16], Zeile 174, lag die mittlere jährliche Ausnutzungsdauer (Vollbetriebstunden) von Photovoltaik in Niedersachsen 2009 bis 2013 bei 899 kWh/kWp (Einzelwerte: 917, 863, 940, 904, 871).

169 - ZIEL-Ansatz: Unter der Annahme eines gleichbleibenden Modul-Ausrichtungsspektrums und dass Klimaveränderungen ohne Einfluss auf die Strahlungsverhältnisse bleiben, wird für Niedersachsen von einer jährlichen Ausnutzungsdauer (Vollbetriebstunden) wie in den vergangenen Jahren von 899 kWh/kWp [167] ausgegangen.

D.9: 16 AGENTUR FÜR ERNEUERBARE ENERGIEN: "föederal erneuerbar - Datenblatt Solar Niedersachsen"; Zugriff 07.01.2015.

17 <http://www.foederal-erneuerbar.de/landesinfo/bundesland/Nl/kategorie/solar/ausgabe/download>

Quellen

AEE:

170	Photovoltaik Ausnutzungsdauer					
171	(in kWh/kWp)					
172						
173	Bundesland	2009	2010	2011	2012	2013
174	Niedersachsen (NI)	917	863	940	904	871
175	Anmerkungen:					
176	Berechnung des ZSW Baden-Württemberg auf Basis von Daten des Solarenergie-Fördervereins Deutschland (SFV) e.V.					

⇒ Grundlage für Vertrauensgewinn und konstruktive Diskussionen

10. Temporäre Ansatz-Modifikation

Kalkulationstabelle

			Status	Ziel	Ziel-Modifikation
S.2:	19	Solar genutzte Freiflächen	ha	2.088	116.670 [1.13]
	20	Solarstrom			
	21	* Energieertrag	MWh/ha/a	389	545 [D.1.161]
	22	= Bruttostromerzeugung	GWh/a	813	63.567 [19] [21]
	23	/ Vollbetriebstunden jährlich	h/a	899	800 [D.1.166]
	24	= Installierte Leistung	MW	904	79.459 [22] [23]

Ad hoc Eingabe

Überlagert Vorgabe aus Datenmodell

Datenmodell

D.1:	166	Photovoltaik - Vollbetriebstunden jährlich	h/a	899 [167]	899 [169]
	167	- STATUS-Ansatz: Gemäß AEE [9.16], Zeile 137, lag die mittlere jährliche Ausnutzungsdauer (Vollbetriebstunden) von Photovoltaik in Niedersachsen 2009 bis 2013 bei 899 kWh/kWp (Einzelwerte: 917 863			

Ergebnismonitor für Bilanzausgleich

S.0:

1. Endenergie

Zielwerte 2050 in % vom Verbrauchsstatus im Anwendungsbereich				
Anwendungsbereich	Verbrauch	Erneuerbare	Überschuss	Fossil/atom.
Kraft/Licht/IKT/Kälte	82	82	0,0	
Gebäudewärme	34	34	0,0	
Prozesswärme	75	75	0,0	
Mobile Anwendungen	46	46	0,0	
Insgesamt:	53	53	0,0	
Grundstoffe Petrochem.	55	55	0,0	

Erneuter Ausgleich der Jahresbilanz: Deckung des Verbrauchs durch Energieerzeugung

⇒ Aktives Erforschen eigener Vorstellungen und deren Wirkungen

⇒ Möglichkeitsraum ausleuchten mit unterschiedlichen Szenario-Varianten

Szenario-Tools

100prosim

Autor: Hans-Heinrich Schmidt-Kanefendt (Ing. grad.),
seit 2010 wissenschaftlicher Mitarbeiter an der
Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften



Erster Prototyp für die Initiative „Stadtwerke der Zukunft“ 2007

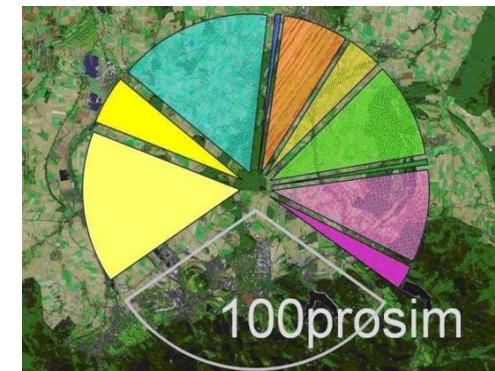
Erste beauftragte Anwendung 100prosim 3.1 in 2009

Weiterentwicklung, jüngste Version 100prosim 5.2

Dynamische Simulation Stromspeicherung 100prodyn,
Erstanwendung der 100prosim-Ergänzung in 2014

Redesign einer **High-End-Version** 100prosim in 2015
anlässlich eines Gutachtenprojekts für
die Niedersächsische Landesregierung

Redesign einer **Light-Version** 100prosim in 2017
aufgrund der Anwendungserfahrungen beim BUND



Mehr dazu: <http://wattweg.net>

RLI-Dialog/StEmp, 06.09.2017