
Agrophotovoltaik – Landwirtschaft unter Photovoltaikanlagen

Ressourceneffiziente Flächennutzung als Alternative zu Monokulturen



Tabea Oberfell,
Georg Bopp, Adolf Goetzberger,
Christian Reise, Stephan Schindele

Fraunhofer-Institut für
Solare Energiesysteme ISE

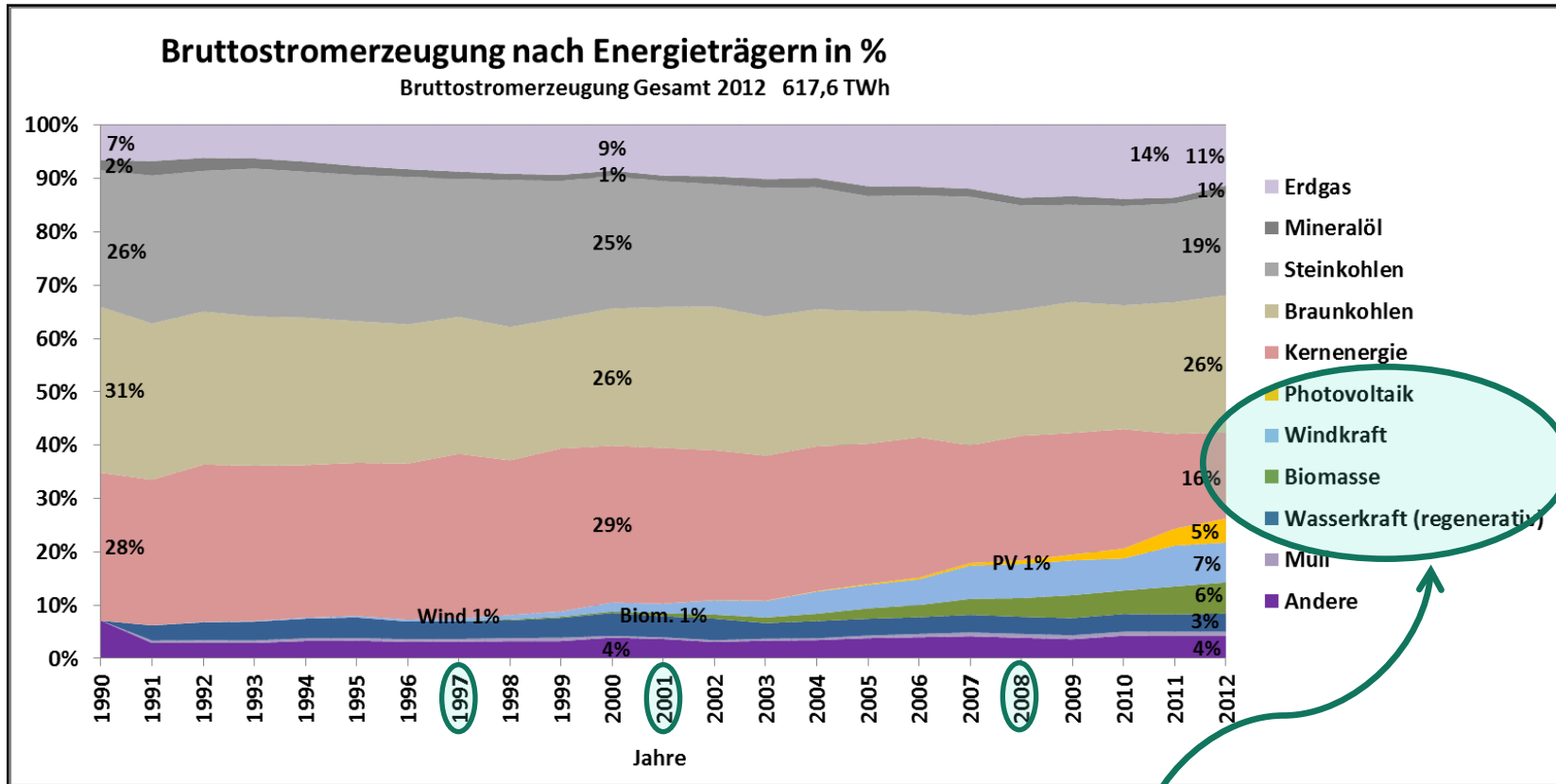
Ecotrinoa
Samstags-Forum Regio Freiburg
Freiburg, 22. Juni 2013

www.ise.fraunhofer.de

Agenda

- Hintergrund
- APV-Systemtechnik: Anforderungen und Optimierungen
- Auswirkungen auf Pflanzenerträge
- Nutzen für den Landwirt
- Chancen und Risiken
- Ausblick

Bruttostromerzeugung Deutschland 2012



Quelle: AGEB, Energieverbrauch in Deutschland im Jahr 2012 / Eigene Darstellung

■ Anteil erneuerbarer Energien an Bruttostromerzeugung 2012 **22%** (2050: 80%)

Ausgangssituation

PV-Freiflächenanlagen

- besonders ökonomisch
- verbrauchsnahe Stromerzeugung
- großes Wertschöpfungspotential im ländlichen Raum

Landwirtschaft

- Ökonomischer Druck auf Landwirtschaft nimmt stetig zu
- Belastung der Umwelt ebenso (z.B. durch steigenden Einsatz von Pestiziden & Dünger)
- Verlust von Biodiversität & traditioneller Kulturlandschaft



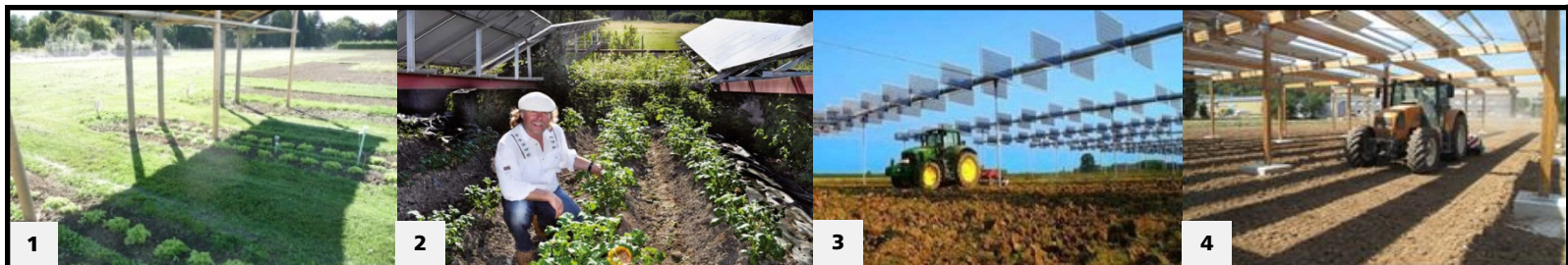
- **Novelliertes EEG** (2010) schränkt Bau von PV-Freiflächenanlagen ein: erhebliche Bremswirkung für Energiewende
- **Zusätzliche Nutzungskonkurrenz** um begrenzte Ressource ‚Boden‘ bei Erreichen der echten Netzparität, da Geschäftsmodelle unabhängig vom EEG entstehen
- **Ziel von APV:** ressourceneffiziente technische Lösung zur nachhaltigen Landnutzung

Vorteile von APV

- Entschärfung des Flächennutzungskonflikt
- Energiegewinnung in zwei Formen
- Gesamter Output pro Flächeneinheit ist höher
- Ökonomischer Druck auf Landwirtschaft sinkt
 - weitere Intensivierung kann abgeschwächt werden
 - Vielfältigere Fruchtfolgen werden wieder möglich
 - > Schutz von Biodiversität, Umwelt, Erhalt von Kulturlandschaft
- Erhöhung des deutschlandweiten PV-Potentials

Historie der APV-Forschung

- **Prof. A. Goetzberger (Beginn der 80er Jahre)** veröffentlicht erste Forschungsergebnisse
- Umsetzung in der Praxis:
 - **Bayern (seit 2010):**
 - Vorarbeiten des Fraunhofer ISE in Kooperation mit der Hochschule Weihenstephan.
 - Manfred Guggenmos: Praxisversuch Gemüse unter PV
 - **Norditalien (2011):** drei APV-Anlagen wurden installiert, aber bis heute keine wissenschaftliche Begleitung
 - **Südfrankreich (2009):** Forschungsanlage wurde installiert
- **Status quo:** Konsortium wurde gebildet, um in ganzheitlichem Forschungsansatz Machbarkeit zu überprüfen und technisches Potenzial zu ermitteln



Quellen: 1 Fraunhofer ISE; 2 M. Guggenmos; 3 www.revolutionenergymaker.com; 4 Universität Montpellier

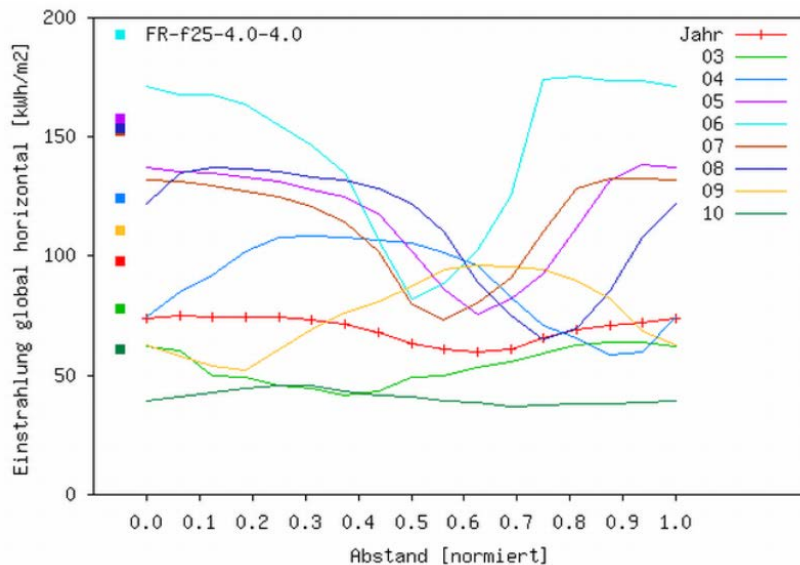
Systemtechnik

- Anforderungen:
 - möglichst geringe Einschränkung der Bodenbewirtschaftung
 - minimaler Flächenverlust
- Beispiel für geeignete Systemtechnik: Seilsystem der Solar Wings AG

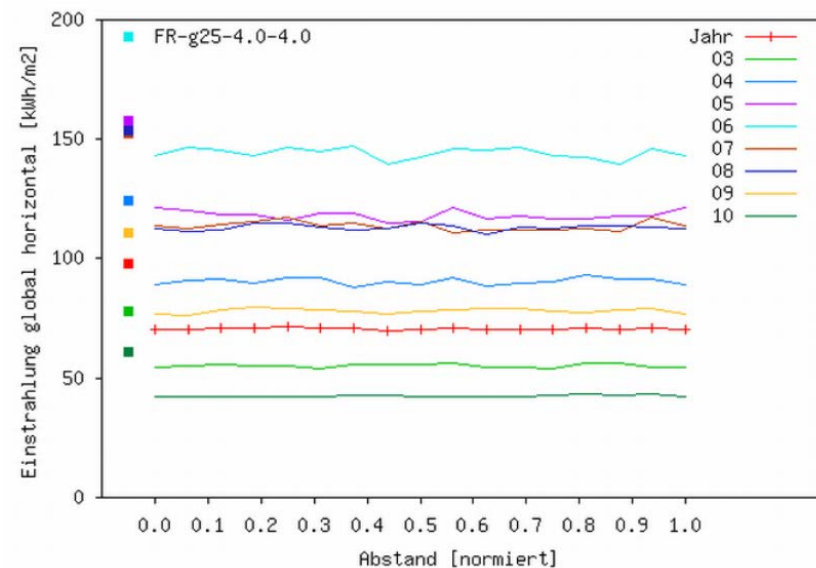


Systemtechnik - Optimierung

Südausrichtung



Südwestausrichtung



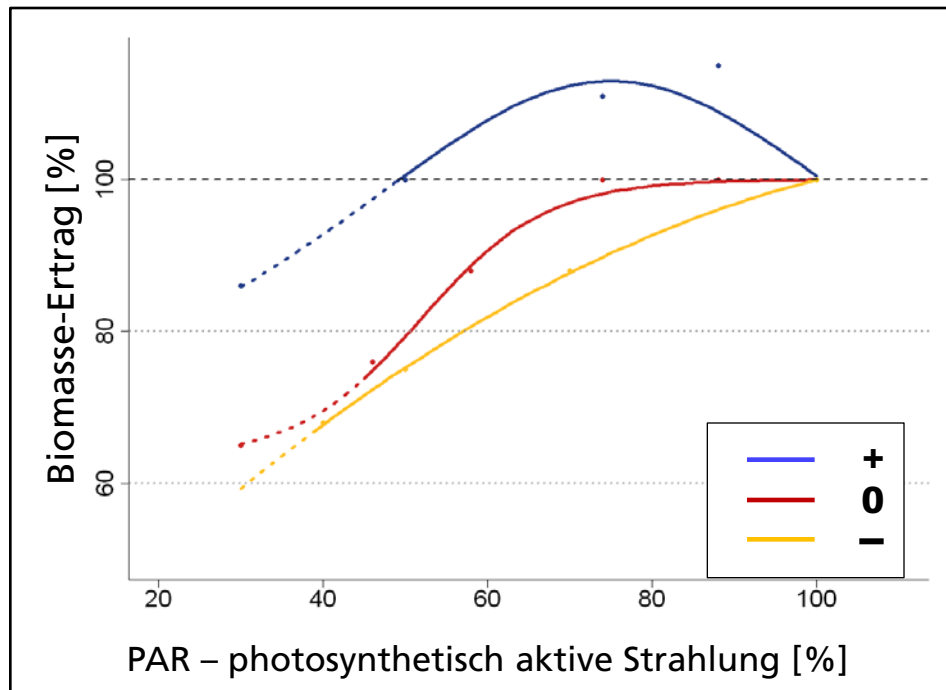
- Strahlungssimulationen ergaben: gleichmäßige Verteilung der Einstrahlung bei vom Optimum abweichender Anlagenausrichtung
- Gleichmäßige Einstrahlung ist wichtig für Pflanzenkultivierung (gleichmäßiges Wachstum und Reifen)
- Elektrische Ertragseinbußen durch Abweichung vom Optimum sind geringfügig (~5%)
- Entlastung von Stromnetzen, da Erzeugung in Übergangszeiten (tages- und jahreszeitlich) höher

Mikroklimatische Auswirkungen

- Untersuchung der Vegetation unter PV-Freiflächenanlagen
- Ergebnisse:
 - Gradienten in Umweltfaktoren erkennbar bei
 - Licht
 - Temperatur
 - Feuchtigkeit
 - Je höher Abstand zum Boden desto schwächer ausgeprägt sind sie
- Offene Fragen:
 - Erosion, Feuchtigkeitsverteilung



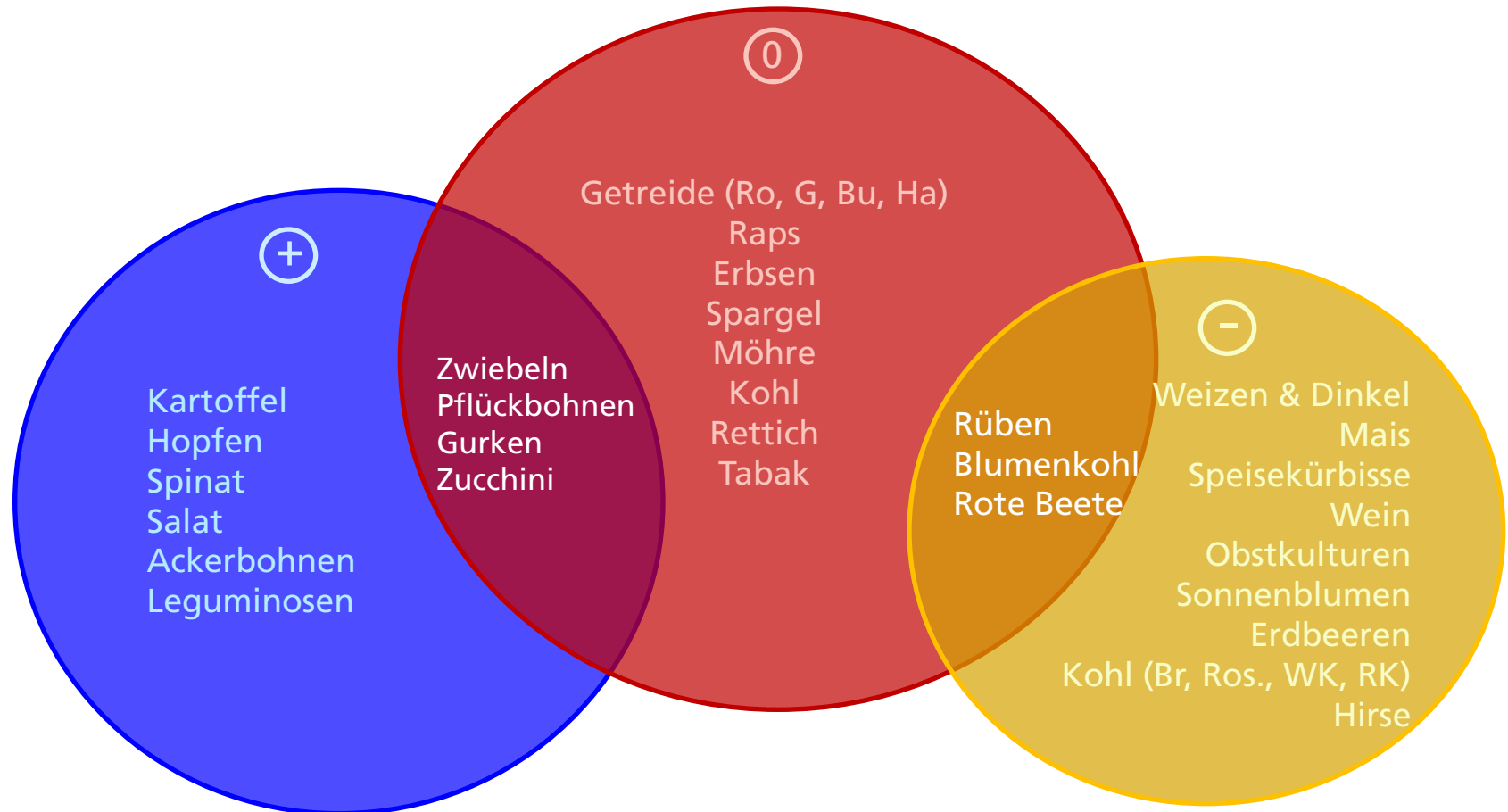
Welche Kulturen sind geeignet?



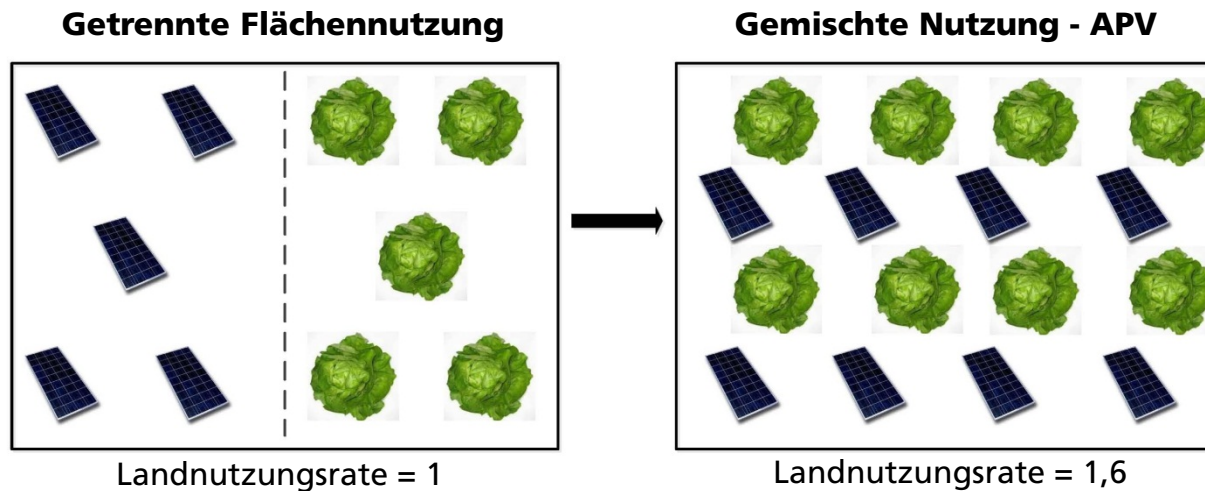
Kategorie	Referenzart
+	Kartoffel
0	Raps & Gerste
-	Weizen

- Schattentolerante Kulturpflanzen vorhanden
- Ertrags- und Qualitätsgewinn durch Beschattung möglich

Kategorisierung der bedeutendsten Ackerkulturen D's



Nutzen für den Landwirt



- Landnutzungsrate: Ansatz aus Agroforstwirtschaft zur Bewertung der Produktivität gemischter Kulturen
- Zusätzliches Einkommen* für Landwirte durch
 - geringere Pachtkosten oder gestiegene Pachteinahmen
 - PV-Ertrags Erlöse
 - geringere Strombezugspreise

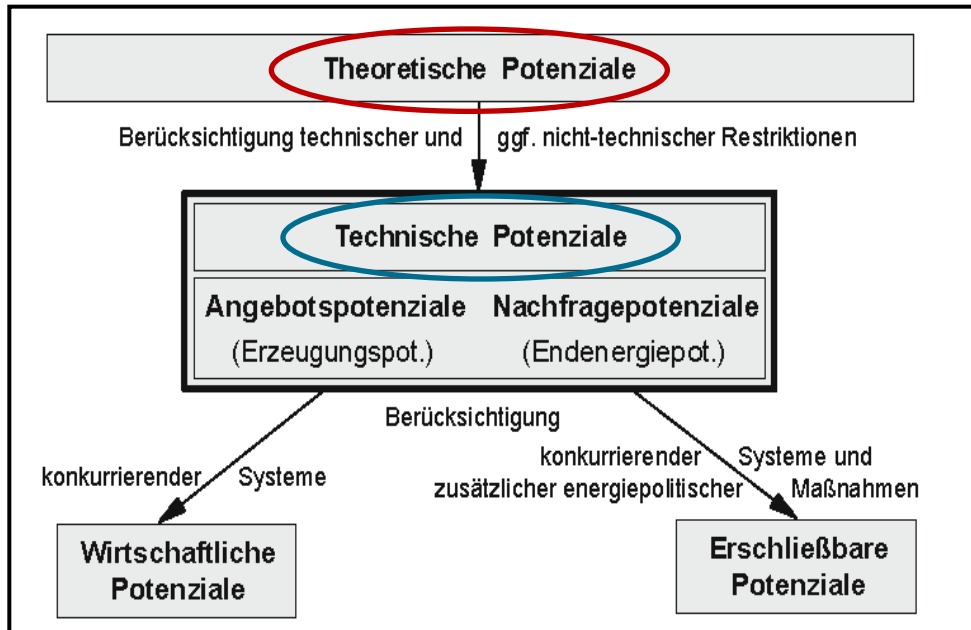
*je nach Geschäftsmodell und vorausgesetzt Investitionskosten APV sind ähnlich hoch wie bei PV

APV: Wirtschaftlichkeitsrechnung / Fall 1

		PV	APV _{kons}	APV _{opt}
Installationskosten	[€]	726.000	894.000	520.000
Instandhaltungskosten	[€]	200.000	143.000	83.000
Nettoeinnahmen Strom	[€]	648.000	-1.000	448.000
Nettoeinnahmen LW	[€]	-	33.000	33.000
Nettoeinnahmen gesamt	[€]	648.000	32.000	481.000
Stromgestehungskosten	[€·kWh⁻¹]	0,1095	0,2275	0,0979
WACC	[%]	5,50	7,75	4,02
Net Present Value	[€]	64.000	-433.000	151.000
Internal Rate of Return	[%]	6,5	-0,62	5,95

- Annahme Fall 1 APV-Geschäftsmodell: LW ist Landeigentümer und APV-Investor
- Betriebswirtschaftlicher APV-Mehrwert: Nettoeinnahmen ca. €18.000/a bzw. das 15-fache zu LW
- APV-Stromgestehungskosten von ca. €0,14/kWh heute schon wettbewerbsfähig mit anderen EE
- AfA, Steuern und volkswirtschaftliche Betrachtungen, Eigenverbrauch und Direktvermarktung, Netzausbau, Umweltexternalitäten nicht berücksichtigt → Forschungsbedarf

APV-Potenzial für Deutschland



Theoretisches Potenzial Deutschland

Grenze: landwirtschaftliche Nutzfläche

> 13,3 Mio. ha / 5.700 GWp

Technisches Potenzial Deutschland

Grenzen: Kulturen der Kategorien +/-0

Davon sind 5-10% d. Fläche geeignet

> 0,06-0,12 Mio. ha / 25-50 GWp

- Deutschlandweites technisch durchführbares APV-Potenzial wird auf 50GWp geschätzt und ist somit systemrelevant. Derzeitiges tech. PV-Potenzial: ca. 150GWp
- Südwest/-ost Ausrichtung und Neigungswinkel der Module erleichtern saisonale und tageslastbedingte Netzintegration von APV-Strom → geringere Regelbedarfskosten
- 50GWp entspricht ca. 120.000 ha, die sowohl zur Energiewende, als auch zur Nahrungsmittelproduktion genutzt werden können → LW erschließbares Potenzial

Gesellschaftliche Chancen und Risiken

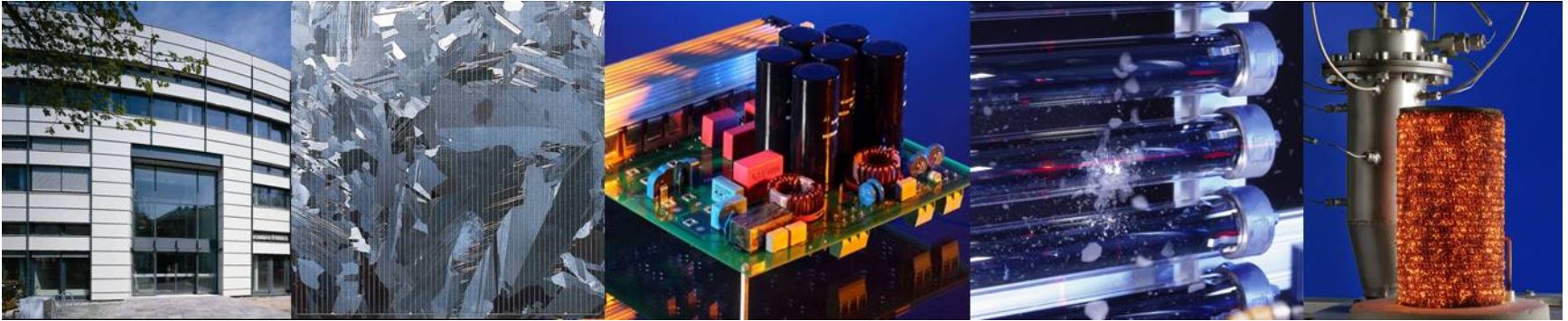
Chancen	Risiken
<ul style="list-style-type: none">■ Reduktion der Flächennutzungskonkurrenz zwischen Energie- und Landwirtschaft;■ Geringere Regelbedarfskosten wg. Südost/Südwest Ausrichtung■ Erhöht deutlich technisches PV-Potenzial in Deutschland (ca. 1/3 zusätzlich bzw. 50 GWp)■ Geringerer Netzausbau■ Sehr großes Exportpotential der Technologie in aride Gebiete	<ul style="list-style-type: none">■ Ertrags- und Qualitätsentwicklung von Kulturpflanzen unter APV-Anlagen weitgehend unbekannt■ Umweltauswirkungen bislang nicht in der Praxis geprüft■ Akzeptanz / Sozialverträglichkeit

Es besteht noch großer Forschungsbedarf!

Nächste Schritte

- Installation von APV-Anlagen in Deutschland:
 - **UM-BaWü** erwägt Förderung von Bau einer APV-Demonstrationsanlage für sozialwissenschaftliche Forschung und Test der Praxistauglichkeit
 - **BMELV** hat Förderinteresse an einer APV-Forschungsanlage zur praktischen Erprobung geeigneter Fruchtarten
 - **BMBF**: Förderzusage zur Definitionsphase der Fördermaßnahme *Nachhaltiges Landmanagement*
- Export der APV-Systemtechnologie in aride Regionen, wo Nutzen noch größer sind:
 - Schutz der Pflanzen vor Strahlungsstress (oft werden Kulturen dort ohnehin beschattet)
 - Nutzung des APV-Stroms für Wasserentsalzung/Aufbereitung und Betrieb von Bewässerungsanlagen
 - In netzfernen Regionen bietet Zugang zu elektrischer Energie in Kombination mit Landwirtschaft große Entwicklungschance

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE

Tabea Oberfell

www.ise.fraunhofer.de

tabea.oberfell@ise.fraunhofer.de