

ZÜRCHER HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE WISSENSCHAFTEN

DEPARTEMENT LIFE SCIENCES UND FACILITY MANAGEMENT

IUNR

NACHHALTIGE ENERGIEGEWINNUNG IN DEN SCHAFFHAUSER REBBERGEN

Entwicklung von Grundlagen für die Implementierung einer Agri-PV-Anlage

Bachelorarbeit

von

David Bucher

Bachelorstudiengang UI21

09.01.2025

BLH

Fachkorrektoren:

Christoph Müller

Matthias Baumann

ZHAW / IUNR, Grüental, Postfach, 8820 Wädenswil

Impressum

Autor	David Bucher bucheda3@students.zhaw.ch
Schlagworte	Agri-PV, Agri-Photovoltaik, PV, Vito-PV, Erneuerbare Energien, Nachhaltigkeit, Weinbau, Biodiversität, Nutzwertanalyse, Raumplanung, Projektmanagement, Prozessablauf, Leitfaden
Zitiervorschlag	Bucher D. (2025). Nachhaltige Energiegewinnung in den Schaffhauser Rebbergen. Bachelorarbeit ZHAW. Unveröffentlicht.
Institut	Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW Departement N, Life Sciences and Facility Management Grüntalstrasse 14, Postfach 8820 Wädenswil

Zusammenfassung

Die zunehmende Flächenkonkurrenz zwischen Landwirtschaft und Energieerzeugung stellt insbesondere in der Schweiz eine zentrale Herausforderung dar. Mit Agri-Photovoltaik (Agri-PV) lassen sich landwirtschaftliche Flächen doppelt nutzen, indem über Rebkulturen PV-Module installiert werden. Dadurch können einerseits hochwertige Lebensmittel (Weintrauben) und andererseits Solarstrom auf derselben Fläche produziert werden. Das Potenzial, Ressourcen effizient einzusetzen, den CO₂-Fussabdruck zu reduzieren und gleichzeitig dem Klimawandel zu begegnen, macht Agri-PV zu einer innovativen Lösung für den Weinbau.

Im Rahmen dieser Bachelorarbeit wurde zunächst eine umfassende Literaturrecherche zu bestehenden Agri-PV-Projekten im Weinbau durchgeführt, um technologische, ökologische, ökonomische und rechtliche Aspekte zu identifizieren. Darauf aufbauend entstand ein strukturierter Prozessablauf (von der Projektidee bis zur Umsetzung einer Agri-PV-Anlage), der anhand eines realen Projekts in Trasadingen (Kanton Schaffhausen) angewendet wurde. Wichtige Methoden waren Umfeld-, Risiko- und Standortanalysen sowie Dokumentationen zu rechtlichen Vorgaben und den gesamten Projektaktivitäten

Die Ergebnisse zeigen, dass Agri-PV im Weinbau vielversprechende Möglichkeiten bietet, um die Resilienz gegenüber Klimarisiken zu erhöhen und gleichzeitig erneuerbare Energien zu produzieren. Positive Effekte treten im Mikroklima, in der Wassernutzungseffizienz und potenziell auch bei der Weinqualität auf. Durch die Beschattung kann Wasser gespart und Hitzestress der Reben reduziert werden, was die Ertragssicherheit erhöht. Ökonomisch entsteht eine Diversifizierung der Einnahmequellen für Winzer, indem der Stromverkauf zusätzliche Erlöse generiert oder die eigenen Energiekosten senkt.

Allerdings erfordern technische Optimierungen, die Anpassung rechtlicher Rahmenbedingungen (insbesondere in Baurecht und Raumplanung) sowie eine transparente Kommunikation und frühzeitige Einbindung der Gesellschaft besondere Aufmerksamkeit. Das im Zuge der Analyse entwickelte Prozessmodell liefert hierzu einen strukturierten Leitfaden mit klaren Meilensteinen: von der Initialisierung und Vorstudie über das Konzept und die Realisierung bis hin zur Einführung und langfristigen Nutzung.

Abstract

Der steigende Energiebedarf und die Anforderungen an eine nachhaltige Landwirtschaft führen zu Nutzungskonflikten auf begrenzten Flächen. Die Bachelorarbeit "Nachhaltige Energiegewinnung in den Schaffhauser Rebbergen" untersucht die Implementierung einer Agri-Photovoltaik-Anlage (APA) im Weinbaugebiet von Trasadingen, Kanton Schaffhausen. Ziel der Arbeit ist es, die Grundlagen für die erfolgreiche Planung und Umsetzung einer APA zu entwickeln und dabei ökonomische, ökologische, soziale, rechtliche, raumplanerische und technische Aspekte zu berücksichtigen.

Die Methodik umfasst eine umfangreiche Literaturrecherche zu bestehenden APA in Rebbergen sowie die Entwicklung eines detaillierten Prozessablaufs von der Projektidee bis zur Umsetzung. Dieser Prozess wird anhand eines realen Projekts in Trasadingen angewendet und dokumentiert.

Zu den Hauptergebnissen zählen:

- Eine Übersicht und Analyse der Auswirkungen von APA auf Weinbau und Umwelt
- Ein ausführlicher Prozessablauf für die Planung und Implementierung einer APA, der als Leitfaden für zukünftige Projekte dienen kann
- Die Dokumentation der Projektentwicklung in Trasadingen, einschliesslich Standortanalyse, rechtlicher und raumplanerischer Prüfung sowie technischer Vorplanung
- Die Vorbereitung des Baugesuchs für die APA in Trasadingen

Die Arbeit zeigt, dass die Integration von APA in Weinbergen technisch machbar ist und potenzielle Vorteile für die nachhaltige Energiegewinnung und den Weinbau bietet. Allerdings erfordert die Umsetzung eine sorgfältige Planung und Berücksichtigung verschiedener Faktoren, insbesondere im Bereich Raumplanung und Naturschutz.

Schlussfolgernd liefert die Bachelorarbeit wichtige Erkenntnisse für die Entwicklung von APA in Weinbaugebieten und bietet einen praxisnahen Leitfaden für zukünftige Projekte. Sie unterstreicht die Bedeutung interdisziplinärer Zusammenarbeit und frühzeitiger Stakeholder-Einbindung für den Erfolg solcher innovativen Energiegewinnungskonzepte im landwirtschaftlichen Kontext.

Inhaltsverzeichnis

Abstract

Abkürzungsverzeichnis

1	Einleitung	8
1.1	Hintergrund.....	8
1.2	Forschungslücke	9
1.3	Zielsetzung	10
1.4	Vorgehen.....	10
2	Material und Methode.....	11
2.1	Recherche.....	11
2.2	Auflistung und Analyse der Auswirkungen.....	12
2.2.1	Ökonomische Aspekte.....	13
2.2.2	Ökologische Aspekte	13
2.2.3	Soziale Aspekte.....	14
2.2.4	Rechtliche Aspekte	14
2.2.5	Raumplanerische Aspekte	14
2.2.6	Technische Aspekte	14
2.3	Projekt Trasadingen (Projekt TRA)	14
2.3.1	Standort.....	15
2.3.2	Fläche.....	17
2.3.3	Voraussetzungen und Ziel des Projekts	18
2.3.4	Umsetzung	19
2.4	Prozessübersicht und Vorgehensweise	19
2.4.1	Dokumentation	19
2.4.2	Prozessentwicklung.....	19
2.4.3	Übersicht – Planung und Entwicklung einer APA	20
3	Ergebnisse	25
3.1	Agri-PV im Weinbau – eine Übersicht.....	25
3.2	Auflistung und Analyse der Auswirkungen.....	25
3.2.1	Ökonomische Aspekte.....	25
3.2.2	Ökologische Aspekte	28
3.2.3	Soziale Aspekte.....	30
3.2.4	Rechtliche Aspekte	32
3.2.5	Raumplanerische Aspekte	33
3.2.6	Technische Aspekte	36
3.3	Prozessübersicht und Vorgehensweise	38
3.3.1	Übersicht: Planung und Entwicklung einer APA.....	38
3.3.2	Initialisierung.....	42

3.3.3	Vorstudie	44
3.3.4	Konzept	47
3.3.5	Realisierung.....	49
3.3.6	Einführung	51
3.3.7	Nutzung	53
3.4	Umsetzungsort Schaffhausen (Projekt TRA)	55
3.4.1	Initialisierung.....	56
3.4.2	Vorstudie	60
3.4.3	Konzept	64
3.4.4	Realisierung.....	66
3.4.5	Einführung	66
3.4.6	Nutzung	66
4	Diskussion.....	67
4.1	Fazit	67
4.1.1	Literaturrecherche.....	67
4.1.2	Prozessentwicklung.....	70
4.1.3	Projekt Trasadingen.....	71
4.2	Empfehlung	73
4.3	Ausblick.....	73
4.3.1	Forschungslücken und zukünftige Entwicklungen	73
4.3.2	Projekt Trasadingen.....	74
5	Literaturverzeichnis	75
	Abbildverzeichnis.....	84
	Tabellenverzeichnis	85
	Anhang	

Abkürzungsverzeichnis

Agri-PV	Agri-Photovoltaik
Agri-PV-Anlage	Solaranlage auf landwirtschaftlichen Flächen
APA	Agri-PV-Anlage, Agri-Photovoltaik-Anlage
ARE	Bundesamt für Raumentwicklung
BAFU	Bundesamt für Umwelt
BFE	Bundesamt für Energie
DZ	Direktzahlungen
EnFV	Energieförderungsverordnung
EnG	Energiegesetz
ENHK	Eidgenössischen Natur- und Heimatschutzkommission
EnV	Energieverordnung
FFF	Fruchtfolgeflächen
LA	Landwirtschaftsamt
LwG	Landwirtschaftsgesetz
NHG	Natur- und Heimatschutz
ÖLN	Ökologischer Leistungsnachweis
PESTEL	Political, economic, social, technological, environmental, legal
PNA	Planungs- und Naturschutzamt
PV	Photovoltaik
RPG	Raumplanungsgesetz
RPV	Raumplanungsverordnung
SHS	Schweizer Heimatschutz
SR	Systematische Rechtssammlung
TRA	Trasadingen
USG	Umweltschutzgesetz
UVB	Umweltverträglichkeitsbericht
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfungen
UVPV	Verordnung über die Umweltverträglichkeitsprüfung

1 Einleitung

1.1 Hintergrund

Der steigende Energiebedarf und die Notwendigkeit nachhaltiger Produktionssysteme stellen die moderne Gesellschaft vor erhebliche Herausforderungen (Statista, 2019). Gleichzeitig müssen landwirtschaftliche Flächen immer mehr Nahrungsmittel für eine wachsende Weltbevölkerung bereitstellen, was zu Nutzungskonflikten führt (Bodirsky et al., 2015). Diese Konflikte entstehen, weil sowohl die Energieproduktion als auch die Landwirtschaft um dieselben begrenzten Flächenressourcen konkurrieren. Traditionelle PV-Anlagen benötigen grosse Flächen, die dadurch nicht mehr für die Landwirtschaft zur Verfügung stehen, was die Nahrungsmittelproduktion einschränken kann (Fraunhofer ISE, 2024). Umgekehrt limitiert die Nutzung von Land für die Landwirtschaft die Möglichkeiten zur Expansion erneuerbarer Energien (Statista, 2024).

Agri-Photovoltaik (Agri-PV) bietet eine innovative Lösung, um diese konkurrierenden Anforderungen zu vereinen, indem sie die gleichzeitige Nutzung von landwirtschaftlichen Flächen für die Nahrungsmittelproduktion und die Produktion erneuerbarer Energien ermöglicht (EnBW, 2024). Durch die Integration von Solarmodulen (PV-Modulen) in landwirtschaftliche Systeme schafft Agri-PV Synergien, die sowohl die Energieproduktion als auch die landwirtschaftliche Nutzung auf derselben Fläche erlauben, und trägt so zur Entschärfung des Landnutzungskonflikts bei. (Dupraz et al., 2011)

In der Schweiz, einem Land mit begrenzten landwirtschaftlichen Flächen und hohen Nachhaltigkeitsstandards, gewinnt Agri-PV immer mehr an Interesse, auch im Weinbau. Weinbaugebiete sind oft prädestiniert für die Installation von PV-Modulen, da sie in sonnenreichen Regionen liegen und die Rebkulturen von moderater Beschattung profitieren können (Toledo & Scognamiglio, 2021). Zwar gelten Reben als sonnenliebende Pflanzen, jedoch zeigen Untersuchungen, dass eine teilweise Verschattung durch PV-Module mit dem Lichtbedarf der Reben vereinbar ist. Eine aktuelle Studie zu Agri-PV in Schweizer Rebbergen kommt zu dem Schluss, dass trotz weniger Lichteinfall nur geringe Ertragseinbussen auftreten und der leicht niedrigere Zuckergehalt in den Trauben durch eine entsprechend spätere Lese ausgeglichen werden kann (Horica, 2021).

Die Integration von PV-Anlagen in Weinbergen kann nicht nur zur Reduzierung des CO₂-Fussabdrucks beitragen, sondern auch positive Effekte auf die Pflanzenphysiologie und das Mikroklima, wie die Verringerung von Hitzestress für die Reben und ein reduzierter Wasserbedarf, haben (Gimbel, 2023). Die Ergebnisse deuten zudem darauf hin, dass die Abdeckung durch die PV-Module einen geringeren Befall durch Falschen Mehltau begünstigen kann (Horica, 2021). Somit lässt sich festhalten, dass ein moderates Mass an Beschattung nicht nur die Energiegewinnung auf derselben Fläche ermöglicht, sondern auch im Einklang mit dem Lichtbedarf der Reben stehen kann, wenn Standort und System sorgfältig geplant werden (Strub et al., 2024).

Aus gesellschaftlicher Perspektive steigt die Forderung nach Produktionssystemen, die einen minimalen negativen Einfluss auf die Umwelt haben und gleichzeitig erneuerbare Energien fördern (Bundesamt für Energie BFE, 2023). Ökologisch gesehen kann Agri-PV zur Erhaltung der Biodiversität beitragen, indem sie neue Lebensräume schafft und den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln reduziert. Wirtschaftlich bietet die Kombination von Weinbau und

Solarenergie Winzerinnen und Winzern zusätzliche Einkommensquellen und erhöht die Diversifikation und die Rentabilität ihrer Betriebe. (Weselek et al., 2019)

Die Implementierung von Agri-PV-Systemen bringt jedoch auch Herausforderungen mit sich. Potenzielle negative Wechselwirkungen, wie etwa die Beschattung der Reben und daraus resultierende Veränderungen im Wachstum und der Reife der Trauben, müssen sorgfältig untersucht werden (Weselek et al., 2019). Ebenso sind rechtliche Rahmenbedingungen und Investitionskosten entscheidende Faktoren für die Akzeptanz und Verbreitung dieser Technologie (Asa'a et al., 2024; Strub et al., 2024).

1.2 Forschungslücke

In der Praxis sowie in der Literatur sind einige Beispiele zu Agri-PV Projekten im Zusammenhang mit dem Weinbau zu finden, wobei in der Schweiz erst wenige Agri-PV-Anlagen (APA) im Weinbau vertreten sind. Für die Erstellung einer APA im Weinbau (Frey et al., 2024) sowie Obst- und Beerenbau (Bergamo & BMK, 2024) existieren in Deutschland und Österreich bereits Orientierungshilfen und Anleitungen. Im Gegensatz dazu stehen derzeit vergleichbare spezifische Ressourcen im schweizerischen Weinbau noch aus. Zusätzlich fehlen Langzeitstudien und Aussagen über die Auswirkungen auf die Qualität der Reben.

Die Implementierung von Agri-PV in Schweizer Weinbergen steht vor mehreren Herausforderungen, die sich aus spezifischen fehlenden Erkenntnissen ergeben. Eine wichtige Herausforderung betrifft die Anpassung an die Schweizer Klimabedingungen. Die Weinbaugebiete in der Schweiz sind durch unterschiedliche Mikroklimata gekennzeichnet, die sowohl durch ihre geografische Lage als auch durch ihre Höhenlage stark variieren. Es fehlt an detaillierten Untersuchungen darüber, wie Agri-PV-Systeme unter diesen spezifischen klimatischen Bedingungen funktionieren. Eine umfassende Analyse der Auswirkungen von Agri-PV auf die Traubenqualität, den Ertrag und die Wuchsbedingungen der Reben in verschiedenen Anbaugebieten ist notwendig. Auch regionale Unterschiede, wie Niederschlagsmenge, Sonneneinstrahlung und Temperaturverlauf, sollten untersucht werden, um geeignete Anpassungen an die jeweiligen Standorte vorzunehmen.

Ein weiterer Bedarf besteht in der Durchführung von Langzeitstudien zur Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit von Agri-PV im Weinbau. Bisherige Projekte und Studien sind oft klein und kurzfristig angelegt, wodurch es an fundierten Aussagen über die langfristige Nachhaltigkeit und Rentabilität fehlt. Langzeitstudien sollten die Auswirkungen auf die Reben und den Boden über mehrere Jahre hinweg untersuchen, da sich erst nach längerer Zeit vollständig zeigen kann, welche positiven oder negativen Effekte Agri-PV-Systeme haben. Solche Studien würden auch helfen, die wirtschaftliche Rentabilität zu bestimmen, indem Aspekte wie Wartungskosten, Energieertrag, Auswirkungen auf die Traubenproduktion und die Anpassung der Rebsorten berücksichtigt werden.

Zudem gibt es eine Herausforderung bei der Optimierung der Beschattung durch die Modulplatzierung und Anordnung. Die Herausforderung besteht darin, ein Gleichgewicht zwischen optimaler Energiegewinnung und minimalen Auswirkungen auf das Wachstum der Reben zu finden. Bislang gibt es kaum standardisierte Vorgaben zur Platzierung der Module im Weinbau, und es fehlen belastbare Daten dazu, wie die Positionierung der Module das Mikroklima, die Sonneneinstrahlung für die Reben und damit die Traubenqualität beeinflusst. Forschung in diesem Bereich könnte dazu beitragen, innovative Anlagenkonzepte zu entwickeln, die sowohl für die Stromproduktion als auch für den Rebenanbau optimal sind.

Schliesslich sind die Auswirkungen von APA auf die Biodiversität und das Mikroklima im Weinberg bisher nur unzureichend erforscht. PV-Module können durch die teilweise Verschattung das Mikroklima im Weinberg verändern, was wiederum Auswirkungen auf Bodenfeuchtigkeit, Temperatur und das Wachstum von Begleitvegetation haben kann. Es fehlen umfassende Untersuchungen darüber, wie diese Veränderungen die Biodiversität, insbesondere von Nützlingen und anderen im Weinberg lebenden Arten, beeinflussen. Forschung in diesem Bereich könnte wertvolle Erkenntnisse darüber liefern, wie APA umweltfreundlich gestaltet werden können, um mögliche negative Auswirkungen auf die ökologische Vielfalt zu minimieren und gleichzeitig positive Effekte, wie beispielsweise die Schaffung von Lebensräumen, zu fördern.

1.3 Zielsetzung

Der Zielsetzung dieser Arbeit liegt in der detaillierten Ausarbeitung der Grundlagen für die Errichtung einer APA. Der Fokus liegt dabei auf der Entwicklung eines umfassenden Prozessablaufs, der die notwendigen Schritte bis zur Umsetzung der Anlage aufzeigt. Hierbei werden sowohl technische, rechtliche, raumplanerische als auch ökonomische, ökologische, weinbauliche und soziale Aspekte berücksichtigt, um ein ganzheitliches Verständnis für die Herausforderungen und Möglichkeiten dieser nachhaltigen Energiegewinnung zu erlangen.

Die Ziele im Überblick:

- Eine Übersicht und Analyse der Auswirkungen von bestehenden APA erarbeiten
- Projektplanung und Konzipierung eines ausführlichen Prozessablaufs (von der Idee bis zur Umsetzung) einer APA in einem Rebberg in Trasadingen
- Dokumentation, Prozessgestaltung und Definition
- Einreichen des Baugesuchs für die APA in Trasadingen

Die Projektumsetzung resp. der Bau der PV-Anlage sowie Berechnungen von Statik u.Ä. sind nicht Teil der Bachelorarbeit. Die Arbeit wird mit der Eingabe des Baugesuches abgeschlossen

Die Aufgabestellung, welche zu Beginn der Bachelorarbeit erstellt wurde, befindet sich im [Anhang](#).

1.4 Vorgehen

Im Rahmen dieser Arbeit wird eine Literaturrecherche zu bestehenden APA in Rebbergen betrieben. Dabei werden die verschiedenen Auswirkungen der Anlagen dokumentiert und analysiert.

In einem weiteren Teil werden die wesentlichen Prozessschritte zur Planung und Entwicklung einer APA im Weinbauggebiet ermittelt, die für eine erfolgreiche Planung und Umsetzung erforderlich sind. Diese Vorgehensweise wird auf den Standort Trasadingen angewendet und direkt in einem realen Projekt vor Ort umgesetzt.

2 Material und Methode

2.1 Recherche

Für die Literaturrecherche wurden Erfahrungsberichte und wissenschaftliche Datenbanken wie Web of Science, Science Direct, Google Scholar durchsucht. Ergänzend wurde ChatGPT genutzt, um einen allgemeinen Überblick über das Thema zu verschaffen und relevante Begriffe sowie Fragestellungen zu identifizieren. Die verwendeten Suchbegriffe sind in **Tabelle 1** aufgelistet. Die Auswahlkriterien fokussierten auf peer-reviewed Artikel, Abschlussarbeiten, Erfahrungsberichte aus der Praxis, Fallstudien und Berichte aus den letzten zehn Jahren.

Tabelle 1: Übersicht der durchsuchten Informationsquellen, Suchanfragen und Treffer, sowie möglicher Auswahlkriterien.

Informationsquelle	Suchanfrage	Treffer	Sprache	Auswahlkriterien
scholar.google.com	allintitle:agri pv	15	de	
	allintitle:agri pv	52		
	intitle:"agri" "photovoltaik" "schweiz"	6	de	
	intitle:"agri" "pv" "schweiz"	15	de	
	allintitle:agriphotovoltaik	1		
	agri-pv anlagen im weinbau	36	de	
	vino-pv systeme	2		
	allintitle:agri photovoltaik	37		
	allintitle:vino photovoltaik	0		
	"vino" "photovoltaik"	31		
	allintitle:solar energy vineyards	1		
	allintitle:solarenergie weinbau	0	de	
	"solarenergie" "weinbau"	123	de	
	allintitle:solar energy viticulture	3		
	agriculture intitle:photovoltaik	30		
	intitle:"agriculture" "photovoltaik"	16		
	intitle:agri-pvagriculture vineyards	4		
	intitle:agri pv microclimate	51		
	intitle:"agri pv" "microclimate"	9		
	intitle:"agri-pv" "effect" "plants"	9		
intitle:"agri pv" "sustainability"	14			
intitle:"agri pv" "social"	6			
intitle:"agri pv" "social" "impact"	7			
intitle:Agri PV and landschaft*	12	de		
intitle:agri pv zhaw	9	de		
intitle:agri pv zhaw jaeger	6	de		
intitle:agri pv zhaw rohrer	4	de		
webofscience.com	agri pv	51	de/en	Topic
	agri pv	4	de/en	Topic + Review Article
	agri photovoltaic	6	en	Title

Informationsquelle	Suchanfrage	Treffer	Sprache	Auswahlkriterien
	agri; photovoltaic; microclimate	2	en	Topic; Topic; All Fields
	Photovoltaic; vineyard; microclimate	2	en	Topic; Topic; All Fields
	agri; pv; microclimate	1	en	Topic; Topic; All Fields
	solar energy; vineyard	39	en/es/pt	Topic; Topic
	agri pv; landscape	5	en	Topic; Topic
	solar energy; agriculture; pv, social	33	en	Topic; Topic; Topic; All Fields
	solar energy; vienyard; pv, social	1	en	Topic; Topic; Topic; All Fields
	photovoltaic; vineyard; yield	3	en	Topic; Topic; All Fields
	photovoltaic; erosion; microclimate	2	en	Topic; All Fields; All Fields
	photovoltaic; erosion; moisture; soil	4	en	Topic; All Fields; All Fields; Topic
sciencedirect.com	photovoltaic, agri pv, vineyard; moisture; soil	11		Review articles; Research articles
	photovoltaic, agri pv, vineyard, moisture, soil, grape, erosion, microclimate	3		
	photovoltaic, agri pv, landscape, social, economy, yield	47		Review articles; Research articles
	soil moisture, erosion, microclimate; Title, abstract or author-specified keywords: photovoltaic	16		Review articles; Research articles; Environmental Science
	yield, effect, water, vineyard; Title, abstract or author-specified keywords: photovoltaic	11		Review articles; Research articles; Environmental Science; Agricultural and Biological Sciences
	social acceptance, impact, vineyard; Title, abstract or author-specified keywords: photovoltaic	22		Review articles; Research articles
Researchgate.net	Für die Literatursuche bei Researchgate wurde Google verwendet und die Suchanfragen mit der Google Suchfunktion „inurl:researchgate.net“ erweitert	-		inurl:researchgate.net
Springer.com	projektmanagement	104	de	Book; Article; Research article; Business and management; Management
	agiles projektmanagement	8	de	Book; Article; Research article; Business and management; Management
	Für die weitere Literaturrecherche bei Springer wurde Google verwendet und die Suchanfragen mit der Google Suchfunktion „inurl:springer.com“ erweitert	-		"inurl:springer.com"
ChatGPT	Suche nach wissenschaftlicher Literatur zu den Themen Agri-PV, Vito-PV, Photovolatik im Weinbau welche peer-reviewed und geprüft sind. Linkt zur Quelle und doi-Referenz angeben			

2.2 Auflistung und Analyse der Auswirkungen

Mittels gewonnener Erkenntnisse aus der Literaturrecherche werden die Auswirkungen und Bedingungen von APA im Weinbau aufgelistet und analysiert. (Heil, 2021)

Auswirkungen und Bedingungen

Die zu analysierenden Auswirkungen und Bedingungen werden im Rahmen dieser Arbeit aufgrund ihrer Relevanz, Chancen und Herausforderungen, Einfluss sowie möglichen Zielen und Zielkonflikten bezüglich einer Agri-PV im Weinbaugebiet ausgewählt und in sechs Aspekte unterteilt. Diese sind in **Tabelle 2** dargestellt und in den folgenden Kapiteln weiter beschrieben. Jeder Aspekte beinhalten verschiedene Faktoren, die thematisch zugeteilt werden. Die Tabelle ist erweiterbar und die aufgelisteten Faktoren sind nicht abschliessend.

Tabelle 2: Auswirkungen und Bedingungen, unterteilt in sechs Aspekte. Beispiels-Faktoren von Auswirkungen und Bedingungen zum Bau einer APA im Weinbaugebiet.

Auswirkungen und Bedingungen	
Aspekte	Faktoren (Beispiele)
Ökonomisch	Klima, Politik, agronomische Aspekte
Ökologisch	Klima, Nachhaltigkeit, agronomische Aspekte
Sozial	Motivation, Sozioökonomie
Rechtlich	Gesetze, Raumplanung
Raumplanerisch	Politik, geographisches Potenzial
Technisch	Forschung, zukünftige Entwicklungsmöglichkeiten

2.2.1 Ökonomische Aspekte

Die Wirtschaftlichkeit von APA im Weinbau wird vor allem durch Investitions- und Betriebskosten, Förderprogramme sowie den Eigenverbrauch bestimmt (Schindele et al., 2020; Weselek et al., 2019). Dabei spielen sowohl die Stromerträge als auch mögliche Synergieeffekte eine Rolle, etwa verbesserte Weinqualität oder geringere Ausfallraten. Ergänzend wirken günstige Finanzierungsoptionen sowie die Einbindung in regionale Wertschöpfungsketten, beispielsweise durch Lokale Energiegenossenschaften (LEG) oder Zusammenschlüsse zum Eigenverbrauch (ZEV), positiv auf die Wirtschaftlichkeit. Ökonomische Analysen umfassen die Bewertung von Kosten, Fördermodellen, Ertragssteigerungen, Risikominimierungen und Synergieeffekten, um Rentabilitätskennzahlen wie Kapitalwert oder Amortisationszeit mit konventionellen Praktiken zu vergleichen. Dadurch lassen sich sowohl wirtschaftliche als auch betriebswirtschaftliche Vorteile gegenüber reinem Weinbau abschätzen. (Amaducci et al., 2018; Weselek et al., 2019)

2.2.2 Ökologische Aspekte

Aus ökologischer Perspektive kann Agri-PV durch eine intelligente Flächennutzung zur Erhöhung der Habitatvielfalt beitragen, indem die Unterkonstruktion gezielt als Nische für Flora und Fauna genutzt wird (Amaducci et al., 2018). Zudem lassen sich durch die schattenspendende Wirkung der PV-Module während Hitzeperioden Wasser sparen und die Bodenstruktur verbessern (Chopdar et al., 2024; Marrou, Guillioni, et al., 2013; Schindele et al., 2020; Yavari et al., 2022). Zusätzlich die Module einen Schutz für die Reben gegen extreme Witterungsbedingungen, was zu einem reduzierten Krankheitsbefall führen kann (Horica, 2021). Die Integration einer PV-Anlage birgt jedoch auch Risiken für die Pflanzengesundheit und Bodenstabilität. Besondere Aufmerksamkeit gilt möglichen Schädigungen der Vegetation sowie potenziellen Erosionsproblematiken, die durch die Anlage hervorgerufen werden könnten. Eine ganzheitliche Bewertung umfasst dabei Boden- und Wasserhaushalt, Biodiversität sowie den Einfluss auf das Lokalklima im Weinberg. Dazu werden Vegetationsanalysen, Bodenproben und -Profile sowie Messungen zu Temperatur und Feuchtigkeit herangezogen (Dupraz et al., 2011). Zusätzlich werden mögliche Effekte auf die Artenvielfalt von Begleitflora und -fauna sowie auf Schädlings- und Krankheitsdruck untersucht (Weselek et al., 2019).

2.2.3 Soziale Aspekte

Die sozialen Aspekte umfassen die regionale Akzeptanz, die Einbindung der lokalen Bevölkerung sowie die Berücksichtigung kultureller Landschaftsprägungen. Um das Vertrauen in das Projekt zu stärken, sind transparente Kommunikation (v. a. der Vorteile und Auswirkungen), eine frühzeitige Einbindung relevanter Akteurinnen sowie Informationsangebote zum Vorhaben von Bedeutung (Dupraz et al., 2011). Die Erhebung dieser sozialen Aspekte erfolgt über Interviews mit Winzern, lokalen Akteuren und Verbrauchern. Dabei werden insbesondere Akzeptanz, Wahrnehmung, gesellschaftliche Wertschätzung und mögliche Nutzungskonflikte thematisiert (Hill et al., 2010; Wüstenhagen et al., 2007). Zudem liefern qualitative Befragungen Einblicke in Perspektiven zur Landschaftsästhetik, regionalen Identität und zum kulturellen Erbe.

2.2.4 Rechtliche Aspekte

In der Schweiz bestimmen nationale und kantonale Rechtsvorschriften, Richtlinien sowie Umweltverträglichkeitsprüfungen (UVP) die rechtlichen Rahmenbedingungen für APA. Die Analyse der rechtlichen Rahmenbedingungen stützt sich auf die Auswertung von Gesetzestexten, Verordnungen und Richtlinien auf nationaler, kantonaler und kommunaler Ebene.

2.2.5 Raumplanerische Aspekte

Die Integration von APA in Schweizer Weinbauregionen erfordert eine sorgfältige Berücksichtigung von Topografie, Bodeneigenschaften und bestehender Infrastruktur (Weselek et al., 2019). Dabei ist eine gezielte Standortwahl, die Vermeidung von Konflikten mit Schutzgebieten oder prägenden Sichtachsen sowie die Abstimmung mit regionalen Entwicklungsplänen zentral. (ARE, 2024; BAFU, 2024). Die raumplanerische Einbettung dieser Anlagen wird durch die Auswertung raumordnerischer Grundlagen, Flächennutzungs- und Bebauungspläne sowie landschaftsplanerischer Richtlinien untersucht, um mögliche räumliche Nutzungskonflikte zu minimieren (ARE, 2024; BAFU, 2024).

2.2.6 Technische Aspekte

Technische Aspekte von APA umfassen die Entwicklung geeigneter Unterkonstruktionen und die optimale Modulanordnung, die sowohl eine ausreichende Lichtdurchlässigkeit für die Pflanzen als auch Stabilität und Wartungsfreundlichkeit der PV-Module sicherstellen (Amaducci et al., 2018; Schindele et al., 2020). Die Bewirtschaftung mit ortsüblichen Maschinen und Geräten sollte möglichst wenig eingeschränkt werden. Dabei sind die Auswahl effizienter PV-Modultypen, moderner Wechselrichter sowie passender Monitoring-Systeme entscheidend, um den Energieertrag zu maximieren und gleichzeitig negative Auswirkungen auf das Pflanzenwachstum zu minimieren (Amaducci et al., 2018; Schindele et al., 2020). Zu den technischen Gesichtspunkten zählen zudem das Anlagendesign, der Wirkungsgrad, die Anordnung der Module, die Materialwahl sowie die Widerstandsfähigkeit gegenüber unterschiedlichen klimatischen und topographischen Bedingungen.

2.3 Projekt Trasadingen (Projekt TRA)

Der Verein Landenergie Schaffhausen hat das ambitionierte Ziel, den Bau einer APA in den Rebbergen der Region Schaffhausen zu ermöglichen. In dieser Bachelorarbeit soll untersucht

werden, welche wesentlichen Schritte notwendig sind, um eine solche Anlage erfolgreich zu planen und zu implementieren.

2.3.1 Standort

Für das Projekt steht ein realer Umsetzungsort zur Verfügung. Dieser befindet sich im Kanton Schaffhausen, am Dorfrand von Trasadingen und ist in **Abbildung 1** dargestellt.

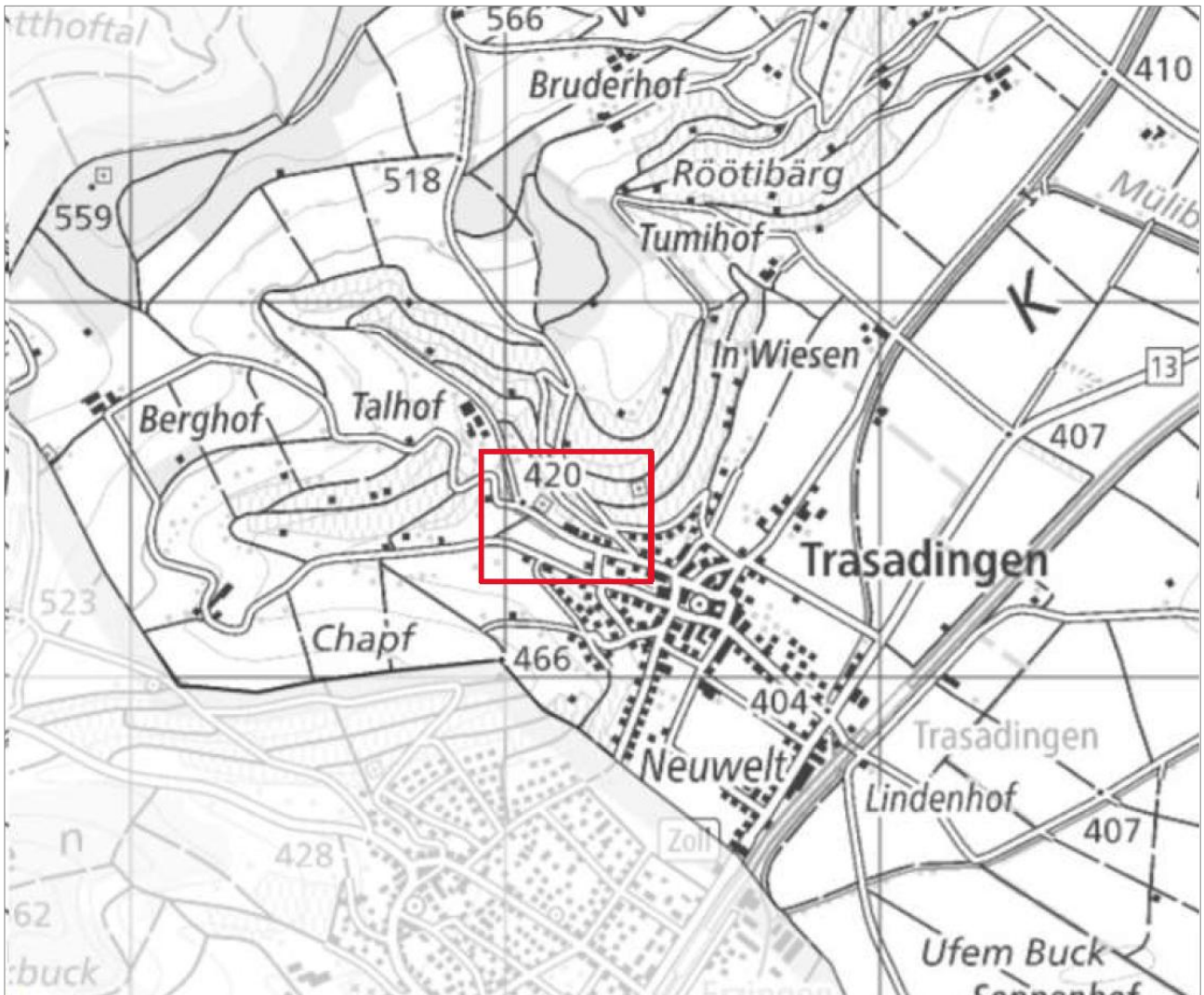


Abbildung 1: Standort Trasadingen, Kanton Schaffhausen. Die für das Projekt berücksichtigten Parzellen befinden sich in der rot markierten Fläche. Massstab: 1:20'000 (Linienabstand: 1 km). (Geportal des Bundes, 2024)

Die zur Verfügung stehende Fläche befindet sich auf den Parzellen 692, 329 und umfasst 26 Rebzeilen. Auf der Parzelle 330 soll später eine Grünflächenanlage realisiert werden und ist in **Abbildung 2** als kleines rotes Quadrat dargestellt. Auf Letzteres wird in dieser Arbeit nicht weiter eingegangen.

2.3.2 Fläche

Die für das Projekt geplante Fläche ist in **Abbildung 3** grün schraffiert und rot umrahmt. Diese beträgt ca. 1'300 m² und liegt unmittelbar neben der Firma Kessler Werkzeugbau (**Abbildung 4**).



Abbildung 3: Rebfläche der Parzellen 692 und 330 grün schraffiert und rot eingerahmt (ca. 1'300 m²). Grünfläche rot eingerahmt (ca. 550 m²). Massstab: 1:3'000. (Geoportal des Bundes, 2024)



Abbildung 4: Rebfläche (ca. 1'300 m²) und Grünfläche (ca. 550 m²) rot eingerahmt. Massstab: 1:3'000. (Google Maps, 2024)



Abbildung 5: Rebfläche (oben) und Grünfläche (unten) rot eingrahmt. Blickrichtung Nord-Ost von der Wassergass aus in Trasadingen (Google Maps, 2024).

2.3.3 Voraussetzungen und Ziel des Projekts

Es soll ein Pilot- und Praxisprojekt entstehen, das auch zu Forschungszwecken dient. Dafür soll ein Forschungs- und Betriebskonzept für eine neue Rebanlage entwickelt werden, wobei die bevorzugte Rebsorte Blauburgunder ist. Die Einreichung des Baugesuchs ist für Frühjahr 2025 geplant. Die ersten Gespräche mit den kommunalen und kantonalen Verantwortlichen haben stattgefunden. Die Anlage wird für eine Rebfläche von ca. 1'300 m² und einer Grünlandfläche von ca. 550 m² geplant. Letzteres ist nicht Bestandteil der Arbeit.

In der ersten Phase soll 60-80% der Rebfläche mit PV-Modulen ausgestattet werden. Die übrige Fläche wird vorübergehend als Kontrollfläche benutzt und zu einem späteren, noch nicht festgelegten Zeitpunkt mit PV-Modulen überdacht. Anfangs können somit Unterschiede zwischen überdachten und freistehenden Reben eruiert und dokumentiert werden.

Zu Beginn des Projekts werden Vorstellungen, Wünsche und Ideen der Projektorganisatoren (Korrektoren und Auftraggeber) abgeholt und festgehalten. Folgende Prioritäten werden dabei definiert:

- Standort Trasadingen als Pilot- und Praxisanlage auch für **Forschungszwecke**
- **Machbarkeit** eruieren
- **Chancen und Herausforderungen** einer APA darstellen
- Einen Beitrag leisten zu einer **nachhaltigen** Stromproduktion
- Enge **Zusammenarbeit** mit Landbesitzer und Nachbarn
- Detaillierte und proaktive Benachrichtigung der **Stakeholder**
- Privater Stromabnehmer

Für das Projekt wird ein Projektjournal und ein Projekthandbuch (Betriebshandbuch) erstellt, welche zur Übersicht und Dokumentation des Projekts dienen.

2.3.4 Umsetzung

Das Projekt TRA dient als Grundlage für das Baugesuch der APA in Trasadingen. Der Fokus liegt auf der detaillierten Ausarbeitung aller relevanten Aspekte, die für die Erstellung eines Baugesuchs erforderlich sind. Die tatsächliche Umsetzung bzw. der Bau der APA ist nicht Bestandteil dieser Bachelorarbeit. Die Arbeit schliesst mit der Bereitstellung aller notwendigen Unterlagen und Informationen für das Baugesuch ab. Das eigentliche Baugesuch wird anschliessend vom Verein Landenergie Schaffhausen in enger Abstimmung mit dem Planungs- und Naturschutzamt (PNA) des Kantons Schaffhausen erarbeitet und eingereicht.

Für die weiterführenden Prozesse nach Einreichung des Baugesuchs werden in dieser Arbeit Empfehlungen formuliert und potenzielle Abläufe skizziert. Diese dienen als Orientierungshilfe für die weiteren Schritte im Projekt, fallen jedoch nicht mehr in den direkten Bearbeitungsumfang dieser Bachelorarbeit.

2.4 Prozessübersicht und Vorgehensweise

2.4.1 Dokumentation

Eine saubere Dokumentation und ein strukturiertes Wissensmanagement sind nicht nur „nice to have“, sondern integraler Bestandteil einer professionellen Projektarbeit und die Basis für erfolgreiche Projekte. Sie steigern Effizienz, minimieren Informationsverluste und erleichtern die Einarbeitung neuer Projektmitglieder. Gleichzeitig schaffen sie eine nachhaltige Grundlage für den Projekterfolg, sowohl während der Laufzeit als auch über das Projektende hinaus. Dies gilt nicht nur für Grossprojekte, sondern auch für kleiner skalierte Projekte wie die Implementation einer APA im Weinbaugebiet. Wer frühzeitig in ein klares Ablagesystem, transparente Versionierung und regelmässige Retrospektiven investiert, legt den Grundstein für kontinuierliche Verbesserung und erfolgreichere Folgeprojekte. (Burghardt, 2018; Schmelzer & Sesselmann, 2020)

2.4.2 Prozessentwicklung

Ziel der Prozessentwicklung ist es, eine klar definierte Prozesskette zu schaffen. Diese soll als Referenzrahmen für vergleichbare Projekte im Bereich Agri-PV dienen und gleichzeitig einen praxisnahen Leitfaden für die spätere Umsetzung in Weinbaugebieten bieten. Im Mittelpunkt steht die Abbildung sämtlicher Arbeitsschritte. Von der ersten Idee, über die konzeptionelle Planung bis hin zur konkreten Umsetzung eines ganzheitlichen Prozessablaufes. Als Basis für die Prozesskette dient das idealtypische Phasenmodell des Projektmanagements, welches in **Abbildung 6** dargestellt ist.

Im konventionellen Projektmanagement wird üblicherweise ein starrer Ablauf verfolgt, bei dem eine Phase abgeschlossen wird, bevor die nächste beginnt. Für ein Agri-PV-Projekt erweisen sich jedoch flexiblere Ansätze als vorteilhaft, weshalb agiles Projektmanagement besser geeignet ist. Dabei gibt es keine strikte Abfolge der Phasen; stattdessen kann zwischen den einzelnen Phasen hin- und hergewechselt werden, um diese bei Bedarf zu verbessern und an neue Gegebenheiten anzupassen. Aktivitäten aus vorherigen Phasen können in die nächste überführt werden, ohne diese vollständig abzuschliessen, wie z. B. das Warten auf die Ergebnisse einer Bodenprobe.

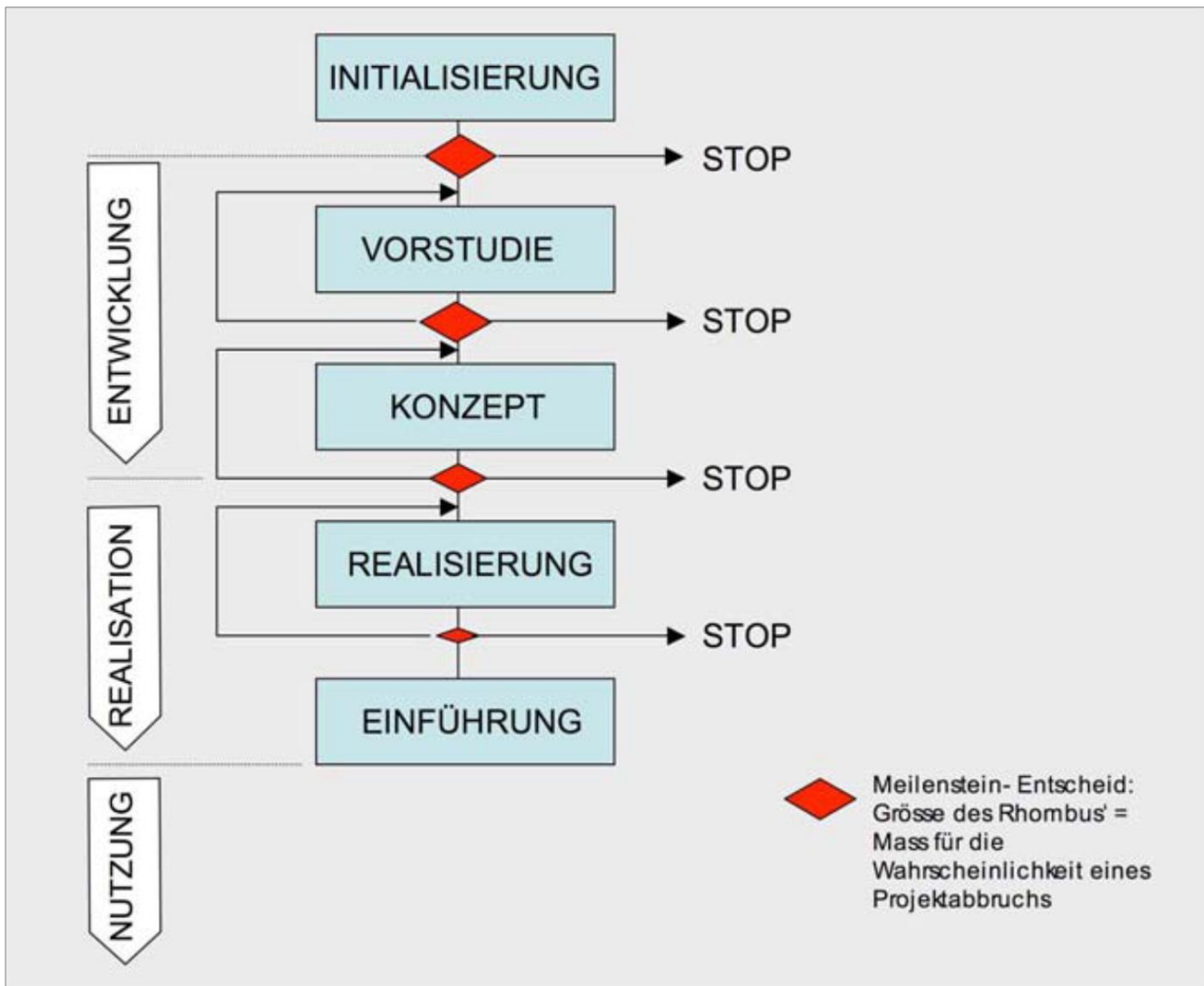


Abbildung 6: Idealtypisches Phasenmodell (Kuster et al., 2011). In dieser Arbeit wird „Nutzung“ als gleichwertiger Prozess wie die blau eingefärbten Prozesse dargestellt.

Die Erarbeitung der Grundlagen für die Prozessentwicklung erfolgt anhand systematischer Vorgehensweise, bestehend aus Literaturrecherche, Experteninterviews, Ortsbegehungen sowie der Anwendung Planungstools von Drittpersonen. Dadurch kann sichergestellt werden, dass die konzeptionellen Überlegungen fundiert, praxisnah und wissenschaftlich abgesichert sind.

Die methodische Herangehensweise umfasst mehrere Betrachtungsebenen. Neben den rechtlichen und sozialen Grundlagen spielen insbesondere raumplanerische Vorgaben auf Gemeinde- und Kantonebene eine wesentliche Rolle, um die Machbarkeit der Anlageninstallation zu beurteilen. Zudem werden technische Parameter hinsichtlich der Anlagenkonfiguration, Befestigungssysteme sowie PV-Module analysiert. Ökonomische Analysen evaluieren die Wirtschaftlichkeit und Finanzierbarkeit des Vorhabens, während ökologische Aspekte eine Einschätzung der Umweltverträglichkeit und Nachhaltigkeit ermöglichen.

2.4.3 Übersicht – Planung und Entwicklung einer APA

Die Inhalte der verschiedenen Phasen werden im Rahmen dieser Arbeit in Bezug auf die Entwicklung eines Agri-PV Projekts im Weinbaugebiet erarbeitet. Das verwendete Raster des Prozessablaufs ist in **Tabelle 3** dargestellt. Es visualisiert die verschiedenen Projektphasen und wird mit spezifischen Aktivitäten ergänzt, die auf ein APA-Projekt im Weinbau zugeschnitten sind.

Ergänzend werden die aus den Aktivitäten hervorgehenden Dokumente sowie die involvierten Interessengruppen (Stakeholder) aufgeführt. Diese umfassende Darstellung ermöglicht einen detaillierten Überblick über den gesamten Projektverlauf und seine Komponenten. Zusätzlich werden für jede Phase das Ziel und die Schwerpunkte angegeben. Die Nutzungsphase ist gemäss dem Referenzmodell aus der Literatur keine eigentliche Phase mehr. Für diese Arbeit wird dieser Prozess jedoch als weitere Phase definiert.

***Tabelle 3:** Das leere Raster dient als strukturierte Grundlage für den Projektablauf. Jede Phase beschreibt die dazugehörigen Aktivitäten, resultierende Dokumente sowie beteiligte Stakeholder.*

Phase	Aktivitäten	Resultierende Dokumente	Beteiligte Stakeholder
Initialisierung			
Vorstudie			
Konzept			
Realisierung			
Einführung			
Nutzung			

Initialisierung

In der Initialisierungsphase wird das Projektvorhaben einer APA erstmals konkretisiert. Hier wird die Projektidee ausformuliert, die groben Ziele einer APA definiert, verfügbare Mittel benennt, erste Machbarkeitsüberlegungen vorgenommen und relevante Stakeholder identifiziert. Ergänzend werden Etappenziele, Meilensteine, Termine und Projektprioritäten umschrieben. Verantwortlichkeiten und Ressourcenzuteilungen werden dokumentiert, wodurch ersichtlich wird, wer alles am APA-Projekt beteiligt ist. Zudem werden organisatorische Rahmenbedingungen geklärt, eine erste Aufwandsschätzung vorgenommen und der grobe Projektauftrag erstellt. Das Ergebnis ist ein Projektantrag für die Planung einer APA, der die Grundlage für die nächste Phase bildet. (Kuster et al., 2011; Project Management Institute, 2017)

Vorstudie

In der Vorstudie erfolgt eine vertiefte Prüfung der Projektidee der APA. Die Anforderungen werden genauer analysiert und konkretisiert. Zudem werden erste Varianten (z. B. fest installierte, nachgeführte oder vertikale PV-Module) und Lösungsansätze (z. B. Finanzierung, Optimierung der Energieproduktion, Synergien mit vorhandenen Infrastrukturen, Sortenwahl sowie Anbausystem der Reben) erarbeitet, Risikoanalyse durchgeführt sowie Machbarkeit, Wirtschaftlichkeit und Zweckmässigkeit bewertet. Bodenprofile helfen hierbei den Untergrund zu kennen. Die in der Initialisierungsphase aufgeführten Punkte wie Etappenziele, Meilensteine, Termine, Verantwortlichkeiten und verfügbare Mittel werden hier klar definiert.

Die Verantwortlichkeiten und Organisation werden unter anderem durch die Projektstruktur eines APA-Projekts festgelegt. Das hauptverantwortliche „Unternehmen“ kann verschiedene Formen annehmen: vom Parzellenbesitzer in Eigenregie über Kooperationsmodelle mit Energieunternehmen bis hin zu eigens gegründeten Betreibergesellschaften oder öffentlich-privaten Partnerschaften. Die Wahl hängt von Faktoren wie Projektgrösse, Investitionsvolumen, Ressourcen, Risikoverteilung und rechtlichen Rahmenbedingungen ab und beeinflusst Flexibilität, Haftung, Finanzierung und Entscheidungsfindung.

Ziel der Vorstudienphase ist es, eine solide Entscheidungsgrundlage für die Projektfreigabe durch den Auftraggeber zu erlangen und prospektiv einen Überblick für die Konzeptphase zu gewährleisten sowie den Übergang in diese Phase sicherzustellen. (Crawford, 2006; Kuster et al., 2011; Project Management Institute, 2017)

Konzept

In der Konzeptphase für den Bau einer APA werden auf Basis der Vorstudie detaillierte Lösungsansätze erarbeitet. Das bedeutet, dass Systeme, Prozesse und Technologien konzeptionell ausformuliert werden, wobei sowohl die Anforderungen der PV-Technologie als auch die Bedürfnisse des Weinbaus berücksichtigt werden. Es wird ein spezifisches Design für die Anlage entwickelt, Arbeitsabläufe für Installation, Wartung und Betrieb werden definiert, und geeignete technische Komponenten werden ausgewählt. Organisatorische Anpassungen in der Bewirtschaftung des Rebbergs werden geplant, um die Integration der APA zu ermöglichen. Alle Aspekte des Projekts, von der technischen Umsetzung bis hin zu rechtlichen und finanziellen Fragen, werden zu einem kohärenten Gesamtkonzept zusammengeführt und schriftlich festgehalten. Das Konzept für die APA soll so konkret sein, dass es als Grundlage für die Realisierung dient. Je nach Grösse der geplanten APA werden ausserdem bereits Ausschreibungen für das Bauprojekt vorbereitet. (Crawford, 2006; Kuster et al., 2011)

Das Ziel dieser Phase ist die Entwicklung eines detaillierten Projektplans und die Eingabe des Baugesuchs für die APA.

Realisierung

Die Realisierungsphase im Projekt für den Bau einer APA umfasst die konkrete Umsetzung des erarbeiteten Konzepts. In dieser Phase erfolgt die Auswahl und Bestellung der benötigten PV-Komponenten und der Unterkonstruktion, koordiniert mit dem Projektzeit- und Installationsplan. Die Parzelle wird für den Bau (und allenfalls die Bestockung mit neuen Reben) vorbereitet, während gleichzeitig Steuerungs- und Überwachungssysteme implementiert und Prozesse für die Integration in den Weinbaubetrieb etabliert werden. Tests werden durchgeführt, um die Kompatibilität mit den Weinbauaktivitäten (z. B. Rebenpflege) zu überprüfen und die Leistung der Systeme zu evaluieren. Wichtige Verträge werden abgeschlossen, darunter Pacht-, Stromabnahme-, Versicherungs- sowie Wartungs- und Serviceverträge. Die Kommunikation mit Stakeholdern (v. a. Pächter und Besitzer) spielt eine zentrale Rolle, einschliesslich regelmässiger Updates für Forschungsprojekte, Informationsveranstaltungen für die Gemeinde und Schulungen für Mitarbeiter. Begleitend zur Umsetzung erfolgen fortlaufende Massnahmen zur Qualitätssicherung, einschliesslich Prozessoptimierung, Leistungs- und Komponentenüberwachung sowie Einhaltung von Sicherheitsstandards. Gleichzeitig erfolgen Zeit-, Kosten- und Ressourcensteuerung sowie ein aktives Risikomanagement. Durch die initiale Abnahme der Anlage und regelmässigen Kontrollen wird sichergestellt, dass die APA sämtliche technischen, rechtlichen und betrieblichen Anforderungen erfüllt und erfolgreich in den Weinbaubetrieb integriert werden kann. (Kuster et al., 2011; Project Management Institute, 2017)

Einführung

Die Einführungsphase beginnt nach Abschluss der technischen Umsetzung, die den Bau der Unterkonstruktion, die Installation der PV-Module, die Verkabelung sowie den Netzanschluss umfasst und nachdem die Bestockung der Reben erfolgt ist. Der Fokus liegt nun auf der Inbetriebnahme der APA und der Integration in den Weinbaubetrieb. Die Schulung der Winzer und des Rebenpflegepersonals ist in dieser Phase ein zentraler Schritt im Umgang mit der neuen Technologie. Zudem erfolgt die Anpassung weinbaulicher Prozesse wie Rebschnitt, Laubarbeiten und Ernte an die neue Infrastruktur, um einen effizienten Betrieb zu gewährleisten. Parallel zur Einführung der APA werden Monitoring-Systeme installiert und in bestehende Strukturen integriert. Diese Systeme umfassen PV-Leistungsüberwachung zur Kontrolle der Stromproduktion, Umweltsensoren für die Messung von Lichtintensität, Temperatur und Feuchtigkeit im Rebberg sowie Pflanzenwachstums-Monitoring zur Beobachtung der Rebenentwicklung unter den PV-Modulen. (Kuster et al., 2011; Project Management Institute, 2017)

Diese Integration ermöglicht eine ganzheitliche Steuerung und Optimierung des kombinierten Agri-PV-Betriebs, indem sie die Koordination der Rebbergarbeiten mit der APA begünstigt. Zudem unterstützt sie die finanzielle Verwaltung, Ertragsanalyse, Qualitätssicherung der Trauben und PV-Anlagenleistung sowie die Auswertung und Visualisierung der gesammelten Daten aus Weinbau und Energieproduktion. (Kuster et al., 2011; Project Management Institute, 2017)

Der Übergang in den Regelbetrieb erfolgt schrittweise, wobei Routinen für den parallelen Betrieb von Weinbau und Stromerzeugung etabliert werden. Das Projektergebnis, eine funktionsfähige und in den Weinbaubetrieb integrierte APA, soll mehrere Nutzen erzielen: Stromgewinnung aus erneuerbaren Energien, Gewinnung von Forschungsdaten zur Vereinbarkeit von PV und Weinbau sowie die Aufrechterhaltung oder mögliche Verbesserung des Traubenertrags.

Diese Vorteile sollen sowohl für den Besitzer der APA als auch für die Hauptstakeholder realisiert werden. Zu diesen zählen unter anderem Besitzer der Parzelle, der Winzer oder Weinbaubetrieb, lokale Energieversorger oder Eigenverbraucher, beteiligte Forschungseinrichtungen wie die ZHAW sowie lokale Behörden und die Gemeinde. (Kuster et al., 2011; Project Management Institute, 2017)

Nutzung

In der letzten Phase wird die APA im Normalbetrieb genutzt. Dabei werden die anfänglich festgelegten Ziele und Nutzenerwartungen mit der tatsächlichen Performance verglichen. Dieser Vergleich wird durch das Betreiberunternehmen in Zusammenarbeit mit dem Weinbaubetrieb und eventuell beteiligten Energieunternehmen sowie Forschungseinrichtungen durchgeführt. Eine Nachprojekt- oder Abschlussbewertung dient dazu, Erkenntnisse über den Projekterfolg zu gewinnen und mögliche Verbesserungsmassnahmen für zukünftige Projekte zu identifizieren. Basierend auf den gesammelten Erfahrungen kann eine Erweiterung der APA auf weitere Teile des Rebbergs in Betracht gezogen werden. (Kuster et al., 2011; Project Management Institute, 2017).

Ziel ist ein langfristig stabiler Betrieb der Anlage und die Verankerung der gewonnenen Erkenntnisse im Unternehmen und darüber hinaus. Diese Erkenntnisse beeinflussen möglicherweise zukünftige Entscheidungen in Bezug auf Agri-PV-Projekte, Weinbau unter veränderten Bedingungen und womöglich auch lokale Energie-, Raumplanungs-, sowie Landwirtschaftspolitik. (Kuster et al., 2011; Project Management Institute, 2017)

Sollte die Weiterführung der APA nicht vorgesehen oder nicht mehr möglich sein, beinhaltet diese Phase auch den End-of-Life-Prozess, welcher der fachgerechte Rückbau der Anlage, das Recycling der Komponenten und die Wiederherstellung des ursprünglichen Rebberges umfasst.

3 Ergebnisse

3.1 Agri-PV im Weinbau – eine Übersicht

Agri-PV im Weinbau beschreibt die kombinierte Nutzung von landwirtschaftlichen Flächen im Weinberg für den Anbau von Reben und die gleichzeitige Erzeugung elektrischen Stroms durch PV-Module über den Reben. Das Hauptziel ist die effiziente Doppelnutzung, um die landwirtschaftliche Produktion (Weintrauben) als auch die Energieproduktion (Solarstrom) zu optimieren. Während Agri-PV bereits in einigen Feldfruchtkulturen (Getreide, Gemüse) erste erfolgreiche Anwendungen verzeichnete, stellt die Nutzung in Dauerkulturen wie Weinreben ein relativ junges, aber aufstrebendes Forschungs- und Entwicklungsfeld dar. (Amaducci et al., 2018; Dupraz et al., 2011; Weselek et al., 2019)

3.2 Auflistung und Analyse der Auswirkungen

Aus der Recherche haben sich mehrere Auswirkungen herauskristallisiert, welche in den folgenden Abschnitten den entsprechenden Aspekten zugeordnet und beschrieben werden.

3.2.1 Ökonomische Aspekte

Anpassung an den Klimawandel und Politikziele

Die Politik und die Treiber des Nachhaltigkeitstrends verfolgen das Ziel, die Landwirtschaft widerstandsfähiger gegenüber Klimarisiken zu machen und gleichzeitig erneuerbare Energien auszubauen. Agri-PV ist dabei ein Baustein, der es erlaubt, sich an die veränderten klimatischen Bedingungen anzupassen, Ertragsrisiken zu verringern und gleichzeitig erneuerbare Energie bereitzustellen. (Fraunhofer ISE, 2023; *Sun'Agri*, 2021)

Diversifizierung

Der Einsatz von Agri-PV im Weinbau bietet Winzerinnen und Winzern vielfältige wirtschaftliche Chancen. Einerseits kann die Integration von PV-Modulen auf Rebflächen zusätzliche Einnahmen durch Netzeinspeisung und Stromverkauf erzielen oder Kosten durch Eigenverbrauch senken, was zur Diversifizierung und wirtschaftlichen Stabilität des Betriebs beiträgt (Chopdar et al., 2024). Andererseits kann sich die Rentabilität solcher Anlagen mittelfristig positiv entwickeln, sofern die Rahmenbedingungen stimmen. Zu den entscheidenden Faktoren zählen dabei die Kosten für Module und Installation, die Einspeisevergütungen, Marktpreise für Strom, der Wegfall konventioneller Schutzmassnahmen (z. B. Hagelnetze) sowie mögliche Förderprogramme und steuerliche Anreize wie die Abzugsfähigkeit von Zinsen bei Kreditaufnahmen. (Asa'a et al., 2024; Ravilla et al., 2024; Weselek et al., 2019)

Landnutzung

Über die rein ökonomischen Aspekte hinaus steigert Agri-PV die Landnutzungseffizienz, da auf derselben Fläche sowohl hochwertige Weintrauben als auch Solarenergie erzeugt werden können. Allerdings sind einige rechtlichen und regulatorischen Bedingungen in der Schweiz derzeit noch unklar, insbesondere was die baurechtliche Einstufung und die Anerkennung als Doppelnutzung im

Rahmen Förderprogrammen betrifft. Einheitliche Regelungen und Standards sind notwendig, um Planungssicherheit für Winzer und Investoren zu gewährleisten. (Weselek et al., 2019)

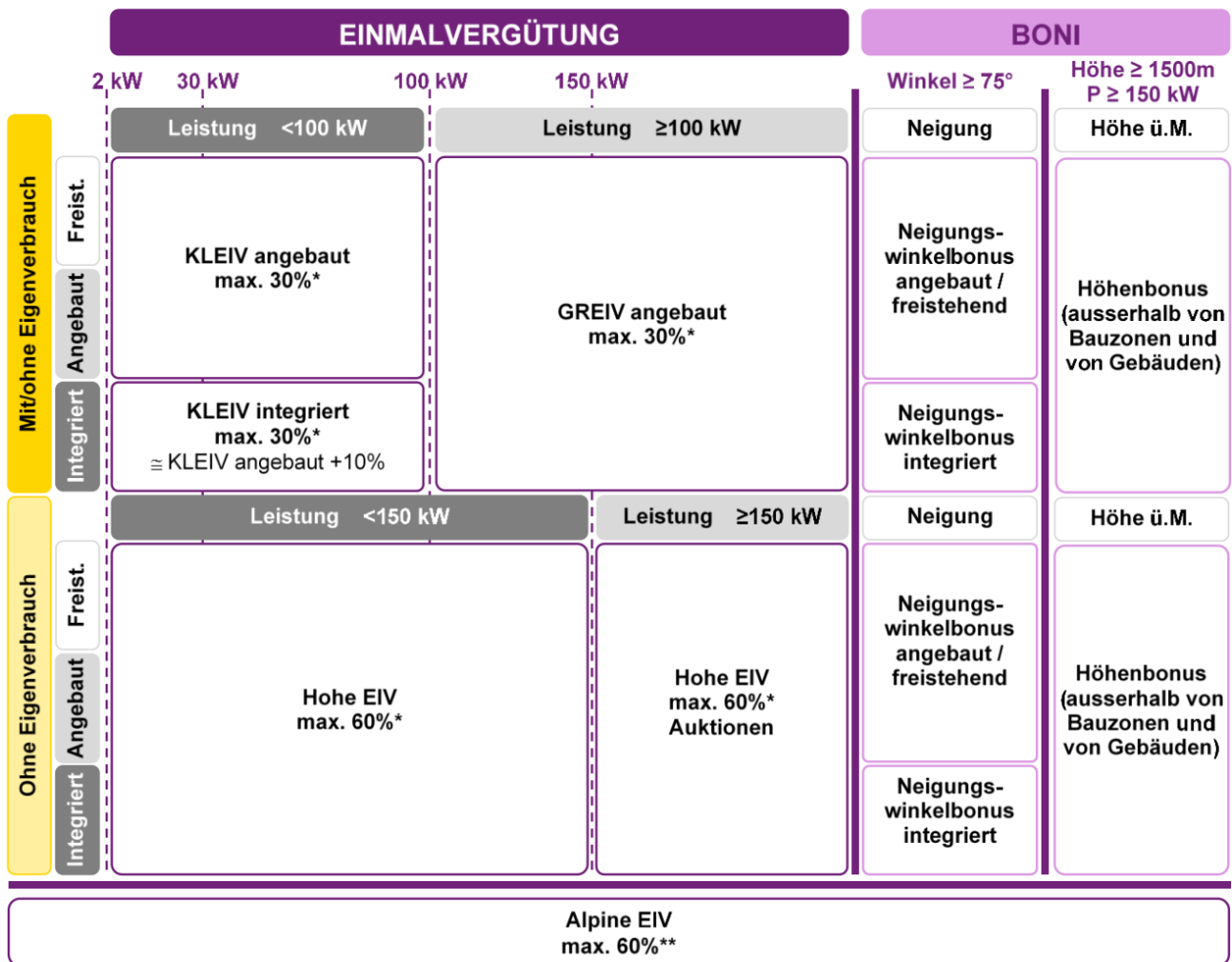
Marktentwicklung

Marktseitig helfen Pilotprojekte in verschiedenen europäischen Ländern, praktische Erfahrungen zu sammeln. Diese zeigen, dass neben ausgereifter Technologie vor allem eine enge Zusammenarbeit zwischen Winzern, Fachberatung und Energieversorgern zum Erfolg beitragen. Mit zunehmender Verbreitung und Erfahrung sinken zudem die Installationskosten, was die Marktdurchdringung weiter vorantreiben dürfte. (Hochschule Geisenheim, 2024; *Sun'Agri*, 2021)

Finanzierung

Hinsichtlich Investitions- und Betriebskosten müssen neben der Anschaffung der PV-Module und der Unterkonstruktionen auch Planungsarbeit, Wartung, Reinigung, Versicherungen und Reparaturen berücksichtigt werden. Zur Finanzierung stehen potenziell Förderprogramme, Subventionen und vergünstigte Kredite zur Verfügung, während die Erlöse durch Einspeisevergütungen und Stromverkauf die Betriebsmarge verbessern und Risiken abfedern können (Asa'a et al., 2024; Ravilla et al., 2024; Weselek et al., 2019). Zusätzlich besteht die Möglichkeit einer Co-Finanzierung mit einem Energiewerk, bei der Investitionskosten gemeinsam getragen werden und beide Parteien von den Erträgen profitieren. Diese Kooperation kann insbesondere für kleinere Betriebe eine attraktive Option darstellen, um die wirtschaftliche Tragfähigkeit des Projekts zu erhöhen.

Die Einmalvergütung (EIV) ist das zentrale Förderinstrument des Bundes für PV-Anlagen in der Schweiz und ist in **Abbildung 7** grafisch dargestellt. Sie richtet sich an Anlagen mit einer Leistung von mindestens 2 kW und deckt bis zu 30% der Investitionskosten von Referenzanlagen ab. Je nach Anlagengrösse und -typ unterscheidet man zwischen der Einmalvergütung für kleine Anlagen (KLEIV) bis 100 kW und für grosse Anlagen (GREIV) ab 100 kW. Zusätzlich zur EIV können Boni gewährt werden, sofern bestimmte Kriterien erfüllt sind. Die genaue Höhe der Einmalvergütung und der Boni ist in der Verordnung über die Förderung der Produktion von Elektrizität aus erneuerbaren Energien festgelegt (EnFV, 2017). Mit dem Tarifrechner von Pronovo kann die voraussichtliche Förderhöhe ermittelt werden (Pronovo, 2024).



* der Investitionskosten von Referenzanlagen
 ** der individuellen Investitionskosten

Abbildung 7: Übersicht der Einmalvergütung ab dem Jahr 2023. (Swissolar, 2023)

Zudem bieten einige Kantone und Gemeinden zusätzliche Förderprogramme an (EKZ, 2024). Eine Übersicht dieser Programme findet sich auf der Website energiefranken.ch.

Die Regional- und Standortentwicklung (RSE) des Kantons Schaffhausen setzt auf verschiedene Förderschwerpunkte, um die regionale Entwicklung zu stärken. Ein Aspekt ist dabei die Förderung der lokalen Wirtschaft und Zusammenarbeit, um die regionale Wertschöpfung zu erhöhen. Die RSE bietet dabei Unterstützung in Form von Beratung, Vermittlung von Kontakten und finanziellen Fördermitteln, um die Umsetzung dieser Ziele zu erleichtern. (RSE Schaffhausen, 2023)

Amortisationszeit

Die Wirtschaftlichkeit und Amortisationszeiten hängen von Modullebensdauer, rechtlicher Stabilität, künftigen Strompreisen und Zusatzaufwand manueller Rebenpflege durch eingeschränkte Mechanisierung ab. Um das Risiko einer verzerrten Darstellung der tatsächlichen Rentabilität der Investition zu minimieren, empfiehlt sich eine umfassende Risikoanalyse und Wirtschaftlichkeitsrechnung inkl. Vollkostenrechnung mit Break-Even-Analyse. Beispiele von Herausforderungen, welche im Zusammenhang mit der Amortisationszeit auftreten können, sind in **Tabelle 4** dargestellt.

Tabelle 4: Risiken, welche im Zusammenhang mit der Amortisationszeit auftreten können. Tabelle nicht abschliessend. (diveo energy, 2024; Fraunhofer ISE, 2024; LWK NI, 2024)

Herausforderung	Lösungsansatz
Ungleichgewichte zwischen Erzeugung und Verbrauch	Installation von Energiespeichersystemen, um überschüssige Energie für Zeiten geringerer Produktion zu speichern.
Netzanschlussherausforderungen	Abstimmung mit Netzbetreibern; Eigenverbrauch; ZEV (Zusammenschluss zum Eigenverbrauch); Elektrizitätsgemeinschaften (LEG); Verkauf des erzeugten Stroms direkt an lokale Verbraucher oder Unternehmen.
Regulatorische Unsicherheiten	Einbindung von Experten; Zusammenarbeit mit Branchenverbänden (PNA, LA, usw.); Systeme so auslegen, dass sie an regulatorische Änderungen angepasst werden können.
finanzielle und vertragliche Herausforderungen mit den Land- und Anlagebesitzern	Klare Absprachen; Transparente und langfristige Pachtvereinbarungen, die Winzern und Land-/Anlagebesitzern stabile Einnahmen sichern; Vertragliche Festlegung, wer für Wartung, Versicherung und Reparaturen zuständig ist.
Kooperationsrisiken	Transparente Kommunikation; Regelmässige Updates und Informationsaustausch, um Vertrauen zwischen allen Beteiligten aufzubauen
Volatile Marktpreise	Langfristige Stromabnahmeverträge mit festen Preisen
Beschädigungen an der Anlage aufgrund Naturkatastrophen	Verwendung von widerstandsfähigen Materialien; Abschluss von Versicherungen gegen Naturkatastrophen;
Steigende Betriebs- und Instandhaltungskosten (Reparaturen, Reinigung der Module)	Langfristige Strategien; Regelmässige Inspektionen und Wartung; Vorsichtige Rebenpflege, um Ab-Drift der Spritzmittel zu reduzieren; Mechanische Schäden an der Anlage durch Schulung des Personals vermindern.

3.2.2 Ökologische Aspekte

Klimawandel und Extremwetterereignisse

Veränderte Niederschlagsmuster, steigende Temperaturen sowie häufigere Extremwetterereignisse wie Hagel, Dürreperioden oder Hitzewellen belasten den Weinbau stark. Agri-PV-Module können hier als Schutzschirm dienen, indem sie die Reben teilweise beschatten, extrem hohe Temperaturen abmildern und als physische Barriere gegen Hagel oder Starkregen fungieren. (Betz, 2023; Chopdar et al., 2024; Rutz, 2024)

Trockenheit und Verdunstung

In trockenen Weinbauregionen (Wallis) und insbesondere während niederschlagsarmen Jahren nimmt der Wassermangel zu. Durch die Beschattung der Reben und des Bodens durch die PV-Module wird die Verdunstung reduziert, sodass die Bodenfeuchte länger gehalten werden kann. Dies reduziert den Bewässerungsbedarf um bis zu 20–30% und stellt eine wichtige Anpassungsmassnahme an veränderte klimatische Bedingungen dar. (Betz, 2023; Rutz, 2024; Schindele et al., 2020)

Lichtmanagement und Beschattung

Reben benötigen ausreichend Sonnenlicht, um eine optimale Photosynthese, Zuckerbildung und Entwicklung von Farb- und Aromastoffen zu gewährleisten (Smart, 1985). Dabei soll mindestens 30-40% des verfügbaren Sonnenlichts an der Traubenzone ankommen, damit eine optimale Reife stattfinden kann (Morrison & Noble, 1990). Je nach Rebsorte, Weinbausystem und Klima können diese Werte jedoch variieren (Deloire et al., 2005).

Unter APA kann mittels Lichtmanagement und gezielter Beschattung Traubenreife, Qualität und Wachstum von Reben beeinflusst werden (Hochschule Geisenheim, 2024). Einer der wichtigsten Effekte von Beschattung ist die Beeinflussung des Mikroklimas an der Traubenzone. In stark beschatteten Bereichen bleibt es oft kühler, was die Ausprägung bestimmter Eigenschaften positiv beeinflussen kann (Torregrosa et al., 2002).

In heissen Regionen (Wallis) kann eine moderate Beschattung vorteilhaft sein, um Hitzestress zu reduzieren und einer übermässig schnellen oder heterogenen Beerenentwicklung und -reife vorzubeugen. Eine zu starke Beschattung mindert jedoch die Photosyntheseleistung und damit den Ertrag (Weselek et al., 2019).

Die optimale Lichtsteuerung hängt von Standort, Rebsorte und Jahreszeit ab. Durch eine dynamische Regulierung des Lichtangebotes mittels verstellbarer Module, kann der Reifezeitpunkt der Beeren gezielt beeinflusst werden, was eine Feinsteuerung von Aromen, Säuregehalt und Komplexität der Trauben ermöglicht (Hochschule Geisenheim, 2024). Die ausgeglichene Beschattung kann somit helfen, den Stil des Weines gezielt zu steuern, von frischen, fruchtigen und säurebetonten Weinen bis hin zu kräftigerem, körperreicherem Charakter (Bonada & Sadras, 2014; Lu et al., 2021; Oliveira et al., 2014).

Traubenqualität

Verschiedene Studien zeigen, dass Reben bis zu einem gewissen Mass, etwa 20-30% weniger direktes Licht, oft nur geringfügige Einbussen in Ertrag und Qualität aufweisen (Smart, 1985). Leichte Beschattung unter PV-Modulen kann die Balance zwischen Zucker, Säure und Aromastoffen verbessern. Dadurch lassen sich qualitativ hochwertige Weine erzeugen, deren Charakter an die jeweiligen Marktanforderungen angepasst werden kann. Studien zeigen bessere Säurebalance und aromatische Komplexität, wobei die Effekte sorten- und standortspezifisch sind (Hochschule Geisenheim, 2024).

Andere Ergebnisse zeigen, dass Agri-PV die Traubenqualität beeinträchtigen kann. Wird die Verschattung auf 30-50% oder mehr erhöht, so wird durch die geringeren Lichtverhältnisse der Reifeprozess verzögert und die chemische Zusammensetzung der Trauben beeinflusst. Dadurch nehmen Anthocyane, Phenole und Zuckergehalt (°Brix) deutlich ab (Torregrosa et al., 2002), was sich negativ auf Farbe, Geschmack und das Aromaprofil auswirken kann und den Weincharakter prägen. (Bonada & Sadras, 2014; Morrison & Noble, 1990; Widmer et al., 2024)

Stärkere Sonneneinstrahlung fördert meist die Entwicklung von Tanninen, dunklen Farbstoffen, hohem Zuckergehalt und reiferen Aromen, birgt aber das Risiko von Sonnenbrand und starkem Säureabbau (Deloire et al., 2005; Teker, 2023; Torregrosa et al., 2002).

Pflanzengesundheit

Das geänderte Mikroklima unter den Modulen kann sowohl positive als auch negative Effekte auf den Krankheitsdruck haben. Weniger direkte UV-Strahlung könnte Pilzkrankheiten begünstigen, gleichzeitig reduzieren geringerer Hitzestress, homogeneres Feuchtigkeitsregime und schnell trocknende Blätter nach Niederschlägen das Risiko von Krankheiten wie Botrytis und Mehltau. Langfristige, mehrjährige Studien sind notwendig, um differenzierte Aussagen über Krankheitsdynamiken zu treffen. (*Sun'Agri*, 2021; Weselek et al., 2019)

Biodiversität und Bodengesundheit

Langfristige Effekte auf das Bodenmikrobiom, die Insektenfauna und Begleitvegetation sind bislang unzureichend erforscht. Theoretisch könnten stabilere Bodenfeuchte und diversere Vegetationsstreifen unter den Modulen Lebensräume für Mikroorganismen, Insekten und andere Tierarten schaffen. Ergebnisse zeigen, dass im Halbschatten die Blütenfülle zunahm und der Blühzeitpunkt verschoben wurde, was in wasserarmen Ökosystemen vorteilhaft sein kann. Weitere Studien sind nötig, um diese potenziellen Synergien nachzuweisen. (Barron-Gafford et al., 2019; Graham et al., 2021)

Boden- und Wassermanagement

Durch gezielte Beschattung stabilisieren sie das Mikroklima, reduzieren Verdunstung und Bewässerungsbedarf und schützen den Boden vor übermässiger Austrocknung sowie starken Niederschlagsereignissen. Der Einsatz von Bodendeckern kann zusätzlich eine gesunde Bodenstruktur fördern und Erosion minimieren (Barron-Gafford et al., 2019; Fraunhofer ISE, 2023; Jerome Wei Chiang Teng et al., 2022; Sponagel et al., 2022). Allerdings zeigen Messungen, dass in Abhängigkeit von Anlagenkonstruktion und Modulanordnung Erosionsprobleme an Abtropfkanten und durch heterogene Regenverteilungen unter der Anlage auftreten (Meinardi & Röttcher, 2024).

Insbesondere bei Starkregen kann konzentrierter Oberflächenabfluss von den PV-Modulen die Bodenerosion verstärken (Marrou, Guilioni, et al., 2013; Yavari et al., 2022; Zahrawi & Aly, 2024). Hinsichtlich der Pflanzenentwicklung wurde beobachtet, dass beschattete Pflanzenteile grössere Blätter entwickeln können. Dies erhöht die Strahlungsabsorptionseffizienz aufgrund der erweiterten Blattfläche und -grösse (Marrou, Wery, et al., 2013).

Ressourceneffizienz und Klimabilanz

Agri-PV ermöglicht eine effizientere Landnutzung, indem der Anbau von Wein und die Stromerzeugung kombiniert werden. Dies verringert den Flächenkonflikt mit reinen Freiflächen-PV-Anlagen und steigert die Gesamtressourceneffizienz. Zudem können durch die kontrollierten Bedingungen unter den Modulen Pflanzenschutzmittel effektiver eingesetzt werden, da diese weniger schnell abgewaschen oder abgebaut werden. Langfristig zeigen Life-Cycle-Assessment-Studien, dass die Kombination aus Landwirtschaft und Stromerzeugung einen geringeren CO₂-Fussabdruck besitzt als die getrennte Umsetzung von Energie- und Nahrungsmittelproduktion. (Weselek et al., 2019)

3.2.3 Soziale Aspekte

Akzeptanz

Die lokale Bevölkerung ist sensibel gegenüber Veränderungen des gewohnten Landschaftsbildes. Blendungen, Reflexionen und mögliche Beeinträchtigungen des Weintourismus spielen ebenso eine Rolle wie die Art der Kommunikation im Vorfeld des Projekts. Eine frühzeitige und transparente Einbindung der Anwohner sowie die Hervorhebung regionaler Wertschöpfungspotenziale sind zentrale Faktoren, um Akzeptanz herzustellen. (Tsoutsos et al., 2005; Wüstenhagen et al., 2007)

Die Meinungen von Weinbaubetrieben gegenüber APA sind gespalten. Während einige Winzer die Anlagen als Chance zur Diversifizierung ihres Betriebes sehen, gibt es Bedenken hinsichtlich möglicher negativer Effekte auf die Weinqualität oder das Landschaftsbild. Auf Verbraucherseite gewinnt die Nachhaltigkeitskommunikation an Bedeutung. Ein unter PV-Modulen gewonnener Wein

kann als umweltfreundliches Premium-Produkt vermarktet werden und so einen Mehrwert für Endkunden darstellen. (Weselek et al., 2019)

Landschaftsästhetik

Weinregionen zeichnen sich häufig durch einen hohen landschaftlichen und touristischen Wert aus. Die Integration von PV-Modulen kann dabei auf Ablehnung stossen, wenn diese als störendes Element im traditionellen Landschaftsbild wahrgenommen werden. Um dem entgegenzuwirken, werden innovative Designansätze entwickelt, etwa niedrigere Modulaufbauten, architektonisch ansprechende Montagesysteme oder angepasste Modulfarben. Langfristige Akzeptanz hängt stark von der gelungenen ästhetischen Einbettung in das Landschaftsbild ab. (Wüstenhagen et al., 2007)

In der Schweiz legen verschiedene Fachorganisationen und Kommissionen grossen Wert auf eine sorgfältige Integration in das Landschaftsbild sowie auf den Schutz von Natur und Kultur. Aus Sicht vom Schweizer Heimatschutz (SHS) und der Eidgenössischen Natur- und Heimatschutzkommission (ENHK) ist zunächst entscheidend, dass sich die Anlagen harmonisch in die Landschaft einfügen. Dazu zählt eine bedachte Standortwahl, eine zurückhaltende Gestaltung in Bezug auf Grösse und Höhe sowie die Vermeidung massiver Eingriffe, die das Landschaftsbild dominieren könnten.

Pro Natura, als führende Naturschutzorganisation der Schweiz, engagiert sich für den Erhalt der natürlichen Vielfalt an Tieren, Pflanzen und Lebensräumen. Sie fordert, dass Natur und Landschaft wirksam gesichert werden, um den Schutz unserer Lebensgrundlagen zu gewährleisten (Pro Natura, 2019). In diesem Kontext setzt sich Pro Natura für eine nachhaltige Nutzung der Landschaft ein, die sowohl den Bedürfnissen der Natur als auch den Anforderungen der erneuerbaren Energieerzeugung gerecht wird.

Der SHS betont die Bedeutung des Schutzes von Kulturlandschaften, Bau- und Naturdenkmälern. Er warnt vor einer möglichen Schwächung des Natur- und Heimatschutzes und fordert, dass wertvolle Landschaften und Ortsbilder erhalten bleiben (Schweizer Heimatschutz, 2018). Dies impliziert, dass bei der Planung und Umsetzung von APA die Auswirkungen auf das Landschaftsbild sorgfältig geprüft und minimiert werden sollten.

Die ENHK berät den Bundesrat und das zuständige Departement in grundsätzlichen Fragen des Natur- und Heimatschutzes. Sie begutachtet Vorhaben, die Bundesaufgaben darstellen und Objekte des Bundesinventars der Landschaften und Naturdenkmäler von nationaler Bedeutung erheblich beeinträchtigen könnten (ENHK, 2017). Bei Projekten wie APA, die das Landschaftsbild beeinflussen könnten, spielt die ENHK eine entscheidende Rolle in der Bewertung und Beratung, um sicherzustellen, dass der Natur- und Heimatschutz angemessen berücksichtigt wird.

Arbeitsbedingungen vor Ort

APA können die Bewirtschaftung der Weinreben beeinflussen. Effiziente Arbeitsabläufe, Ernte, Pflege und Pflanzenschutzmassnahmen müssen an die strukturellen Gegebenheiten der PV-Anlagen angepasst werden, um eine störungsarme Produktion zu gewährleisten. Je nach Gestaltung der Anlage ist der Einsatz von Maschinen bei Rebzeilen mit Pfeilern oder Stützkonstruktionen nicht möglich. Dies führt zu einem erhöhten Arbeitsaufwand durch manuelle Tätigkeiten. Werden die Reben jedoch vollständig von Hand gepflegt, spielt dieser Aspekt keine Rolle mehr. (Gimbel, 2023)

Andererseits bietet die APA auch Vorteile für die Arbeitsbedingungen. Die Module können bei der Rebenpflege Schutz vor extremen Wetterbedingungen bieten, was die Arbeit im Weinberg

angenehmer gestalten kann (Barron-Gafford et al., 2019). Bei Niederschlägen bieten sie einen Unterstand und bei starker Sonneneinstrahlung spenden sie Schatten. Dies kann vor allem bei hohen Temperaturen die körperliche Belastung bei der Rebenpflege reduzieren, die Arbeitsbedingungen verbessern sowie die Effizienz steigern (Fraunhofer ISE, 2023).

Kommunikation, Stakeholder und Wertschöpfung in der Region

In ländlichen Regionen können neue Arbeitsplätze geschaffen werden, indem sie Installation, Wartung und Forschung fördern. Zudem bietet die Stromerzeugung eine langfristige Einkommensperspektive für landwirtschaftliche Betriebe, was soziale Sicherheit und Stabilität erhöhen kann und den Winzern eine zusätzliche Einkommensquelle eröffnen. Zugleich stärken sie die Zusammenarbeit zwischen Landwirtschaft, Energieunternehmen und Wissenschaft und fördern den Wissensaustausch sowie Aus- und Weiterbildungsmöglichkeiten. (Fraunhofer ISE, 2023)

Die Risiken reichen von negativer öffentlicher Wahrnehmung über mangelnde Einbindung wichtiger Interessengruppen bis hin zu unrealistischen Machbarkeitsanalyse. Um diese zu minimieren, sind transparente Kommunikation, gezieltes Stakeholder-Management, lokale Einbindung und fundierte Machbarkeitsstudien essenziell. Auf diese Weise können sowohl soziale Spannungen als auch wirtschaftliche Unsicherheiten reduziert und die gesamtgesellschaftliche Akzeptanz gesteigert werden. Durch den Einbezug regionaler Betriebe bei Bau und Wartung der Anlagen kann die lokale Wirtschaft gestärkt werden. Dies steigert die regionale Wertschöpfung und erhöht zugleich die gesellschaftliche Akzeptanz. (Tsoutsos et al., 2005; Wells et al., 2020; Wüstenhagen et al., 2007)

3.2.4 Rechtliche Aspekte

Die rechtlichen Rahmenbedingungen für die Errichtung von APA in Weinbaugebieten der Schweiz umfassen zahlreiche Aspekte aus verschiedenen Rechtsgebieten. Im Baurecht sind Bau- und Nutzungsgenehmigungen je nach Region und Kanton erforderlich, ergänzt durch UVP und Gutachten zu Landschaftsbild und Naturschutz. Diese Gutachten und Bewilligungen stellen sicher, dass die Anlagen sowohl mit den baurechtlichen Vorgaben als auch mit den Anforderungen des Naturschutzes in Einklang stehen. Eine Übersicht wichtiger Gesetzesdokumente ist in **Tabelle 5** zu finden.

Tabelle 5: Relevante Rechtsgrundlagen auf nationaler Ebene für den Bau einer APA in der Schweiz.

Gesetze und Verordnungen	Referenz	Stand
Natur- und Heimatschutz	NHG, SR 451	2022
Umweltschutzgesetz	USG, SR 814.1	2024
Verordnung über die Umweltverträglichkeitsprüfung	UVPV, SR 814.11	2022
Raumplanungsgesetz	RPG, SR 700	2019
Raumplanungsverordnung	RPV, SR 700.1	2022
Energiegesetz	EnG, SR 730	2024
Energieverordnung	EnV, SR 730.1	2024
Landwirtschaftsgesetz	LwG, SR 910.1	2024

Für die Umsetzung sind Genehmigungsverfahren zentrale Elemente, wobei eine enge Abstimmung zwischen den betroffenen Behörden erforderlich ist. Eine UVP ist bei APA erst ab einer maximalen

Leistung von mehr als 5 MW erforderlich (UVPV, 2022). Harmonisierte Standards und klare Leitlinien, etwa von Bundesamt für Energie (BFE) und Bundesamt für Umwelt (BAFU), erleichtern die Planung und fördern eine effiziente Realisierung der Projekte (UVPV, 2022). Naturschutz- und Landschaftsschutzgesetze setzen bei Eingriffen in die Landschaft zusätzliche Schutzverordnungen voraus. Diese Regelungen zielen darauf ab, die natürliche und kulturelle Landschaft zu bewahren und mögliche Eingriffe durch APA zu minimieren (NHG, 2022).

Im Bereich des Landwirtschafts- und Energierechts spielen rechtliche Vorgaben zur Doppelnutzung der Fläche eine zentrale Rolle, um landwirtschaftliche Nutzung der Flächen zu gewährleisten und die Wirtschaftlichkeit der Anlagen zu sichern (EnG, 2024; LwG, 2024). Zusätzlich könnten Rebflächen, welche den ökologischer Leistungsnachweis (ÖLN) erfüllen, aufgrund negativer ökologischer Auswirkungen der PV-Anlage (Erosion, emittierende Schadstoffe) den Anspruch auf Direktzahlungen (DZ) verlieren.

3.2.5 Raumplanerische Aspekte

Standortwahl

Bei der Planung einer APA in einem Weinbaugebiet in der Schweiz ist die raumplanerische Einbettung von zentraler Bedeutung. Bereits die Standortwahl erfordert eine sorgfältige Berücksichtigung der angrenzenden Nutzungen, der Landschaftswirksamkeit sowie der Integration in die bestehende Kulturlandschaft. Die Anordnung und Höhe der PV-Module sollten so gestaltet werden, dass sie sich ästhetisch ins Landschaftsbild integrieren, ohne den traditionellen Charakter des Weinbaugebietes zu beeinträchtigen. Entscheidend ist zudem die Einbindung in bestehende Raumplanungsinstrumente wie Zonen- und Nutzungspläne. Diese legen mögliche Nutzungsbeschränkungen sowie Vorgaben zur Ausrichtung, Höhe, Materialwahl und Abständen fest. Gleichzeitig gilt es, den Schutz von Landschaft und Ortsbild zu gewährleisten. (RPG, 2019)

Besonderes entscheidend ist die Einhaltung kantonaler und nationaler Richtlinien. Eine Nichteinhaltung von Bau- und Raumplanungsbestimmungen, fehlende UVP oder das Ignorieren lokaler Auflagen kann nicht nur zur Ablehnung der Baugenehmigung führen, sondern auch rechtliche Konsequenzen und zusätzliche Kosten nach sich ziehen. Daher ist eine gründliche Analyse aller relevanten Unterlagen, die Durchführung notwendiger Prüfverfahren und ein enger Austausch mit den zuständigen Planungsbehörden unabdingbar.

Zonenkonformität

Freistehende PV-Anlagen in der Landwirtschaftszone gelten nach bundesrechtlichen Vorgaben grundsätzlich als nicht zonenkonform, da sie für die landwirtschaftliche Bewirtschaftung nicht zwingend erforderlich sind (Art. 16a Abs. 1 RPG). Allerdings kann eine Baubewilligung im Rahmen des Nutzungsplans nach Art. 22 RPG erteilt werden, wenn eine geeignete Zonengrundlage besteht, etwa eine Spezialzone für APA oder eine Bauzone.

Sollte eine solche zonenkonforme Grundlage nicht vorliegen, kommt eine Ausnahmegenehmigung nach Art. 24 RPG in Betracht. Deren Voraussetzungen sind zum einen die Standortgebundenheit, das heisst, dass der Zweck der PV-Anlage einen Standort ausserhalb der Bauzonen wirklich erfordert, und zum anderen, dass dem Vorhaben keine überwiegenden öffentlichen oder privaten Interessen entgegenstehen (umfassende Interessenabwägung). In **Abbildung 8** (oberer Teil) ist dieses Schema in einem Diagramm dargestellt.

Standortgebundenheit und Interessenabwägung

Seit dem 1. Juli 2022 ist zudem der neue Art. 32c der RPV in Kraft. Er konkretisiert die Standortgebundenheit von Solaranlagen (PV-Anlagen) mit Anschluss ans Stromnetz ausserhalb der Bauzonen. Eine PV-Anlage kann beispielsweise dann als standortgebunden gelten, wenn sie in wenig empfindlichen Gebieten Vorteile für die landwirtschaftliche Produktion bringt oder Forschungs- und Versuchsprojekten dient. Allerdings muss in solchen Fällen eine Planungspflicht beachtet werden. Liegen alle Bewilligungsvoraussetzungen vor, kann die Anlage genehmigt, andernfalls aber auch zurückgewiesen oder mit Auflagen versehen werden (z. B. befristete Bewilligungen).

Wichtig ist hier die strenge Auslegung der Standortgebundenheit: PV-Anlagen sollen grundsätzlich in Bauzonen errichtet werden können. Die Doppelnutzung einer Fläche für Landwirtschaft und Energie allein rechtfertigt nicht per se einen Standort in der Landwirtschaftszone. Werden die Voraussetzungen jedoch erfüllt, können freistehende PV-Anlagen ausserhalb der Bauzonen bewilligt werden. Anlagen, die ohne Netzanschluss im Inselbetrieb laufen, fallen hingegen nicht unter Art. 32c RPV und unterliegen somit anderen Regelungen.

Wenn die Voraussetzungen für eine Bewilligung irgendwann entfallen, muss die Anlage oder zumindest die betreffenden Anlageteile zurückgebaut werden. Daneben sieht die Rechtslage auch vor, dass eine Bewilligung befristet sowie mit Bedingungen und Auflagen versehen werden kann. Das gilt insbesondere, wenn es sich um einen Versuchszweck handelt oder wenn die Vorteile für die landwirtschaftliche Nutzung nicht mehr gegeben sind. Dann wird je nach Situation eine Verlängerung geprüft oder ein Rückbau gefordert.

In **Abbildung 8** (unterer Teil) sind die zu erfüllenden Kriterien in einem Flussdiagramm dargestellt.

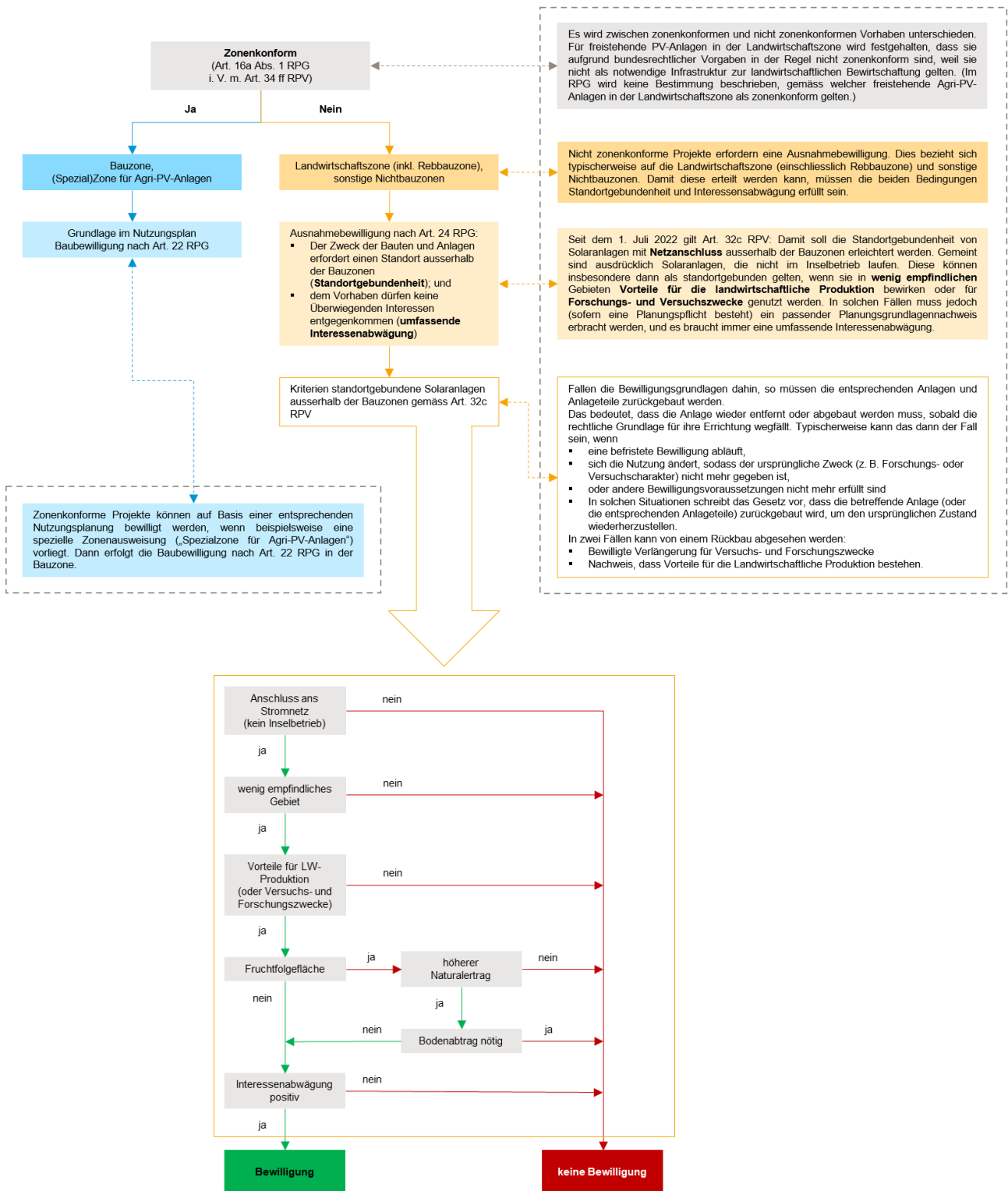


Abbildung 8: Oberer Teil: Dieses Diagramm zeigt schematisch, unter welchen Voraussetzungen freistehende PV-Anlagen ausserhalb von Bauzonen errichtet werden dürfen und welche rechtlichen Rahmenbedingungen dabei zu beachten sind. **Unterer Teil:** Mittels Flussdiagramms können die wichtigsten Kriterien nachvollzogen werden, welche vor einem Bewilligungsverfahren erfüllt werden müssen. (PNA Schaffhausen, 2024). Diese Abbildung ist in grösserer Auflösung im [Anhang](#) zu finden.

3.2.6 Technische Aspekte

Statische und dynamische PV-Systeme

Frühere Ansätze nutzten starre PV-Module, die meist über den Rebzeilen montiert wurden. Neuere Entwicklungen setzen hingegen auf dynamische, nachführbare Systeme. Diese Systeme sind im Rebbau derzeit noch nicht effizient genug, um ein ausgewogenes Kosten-Nutzen-Verhältnis zu gewährleisten. Ein vereinfachtes Prinzip ist in **Abbildung 9** dargestellt. Diese können den Neigungs- und Rotationswinkel der Module tages- und jahreszeitabhängig oder abhängig vom Wachstumsstadium der Reben anpassen. Dadurch soll ein optimales Zusammenspiel aus Lichtverfügbarkeit für die Pflanzen (Photosyntheseoptimierung), Schutz der Trauben vor Überhitzung sowie ein ausreichender Stromertrag gewährleistet werden. Schliesslich trägt die Wahl des Neigungswinkels, der Ausrichtung und der Einsatz nachführbarer Systeme wesentlich dazu bei, sowohl die Stromproduktion zu maximieren als auch gleichzeitig die Qualität der Pflanzen beizubehalten oder sogar zu verbessern. (Hochschule Geisenheim, 2024; Sun'Agri, 2021)

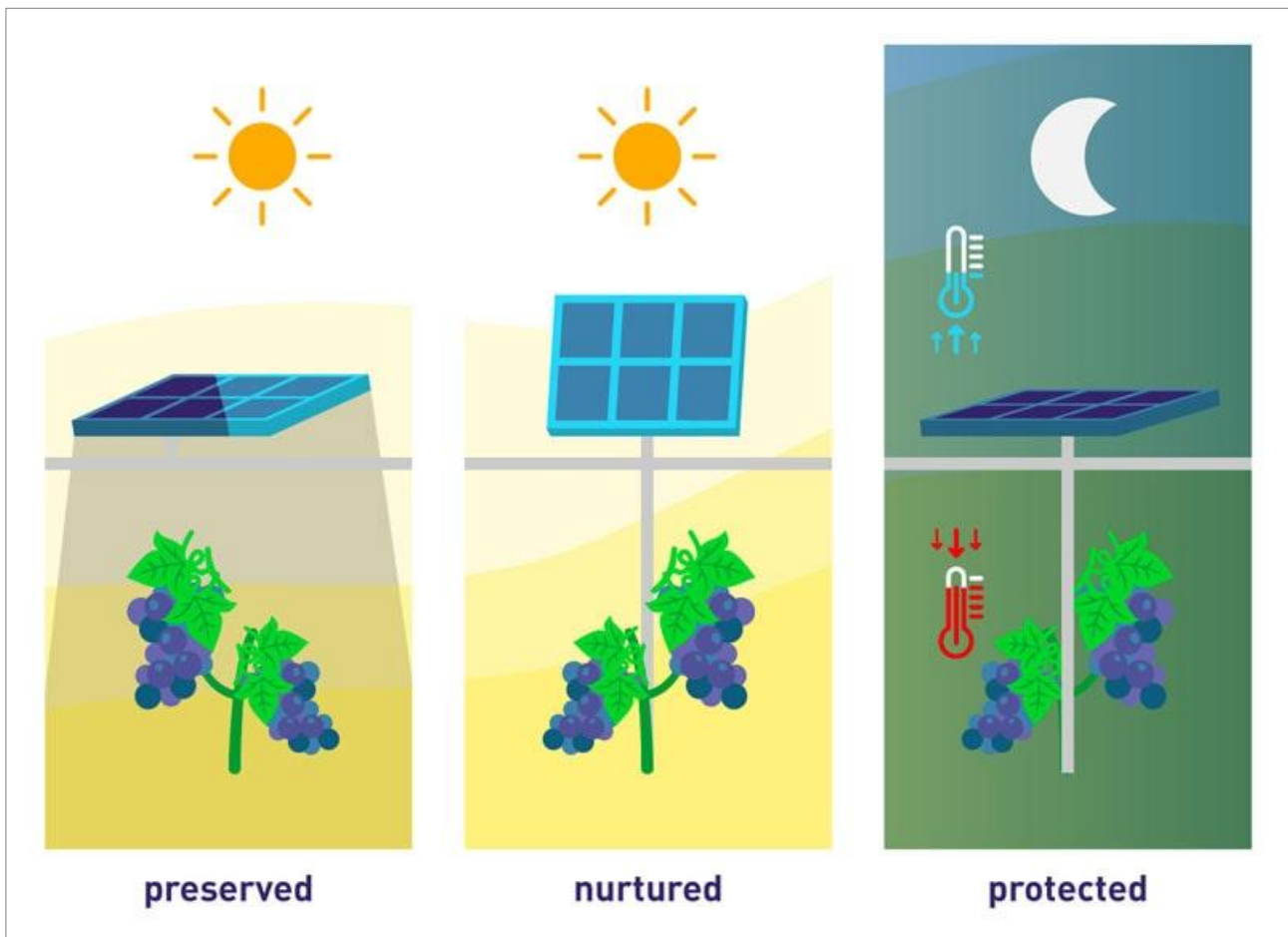


Abbildung 9: Vereinfachte Darstellung einer modernen APA mit verstellbaren Modulen (Sun'Agri, 2021).

Halbtransparente und bifaziale Module

Zur Verbesserung der Lichtdurchlässigkeit und einer gleichmässigeren Verteilung der Sonnenstrahlung auf die Laubwand werden zunehmend semitransparente PV-Module erforscht. Semitransparente Module lassen einen Teil des Lichtes diffundiert passieren, was zu einer homogeneren Lichtverteilung führt. Ziel ist es, den Einfluss auf die Trauben- und Weinqualität sowie

auf die Physiologie der Reben gegenüber Standard-Silizium-Modulen zu verbessern (Fraunhofer ISE, 2023; Padilla et al., 2022).

Während monofaziale PV-Module nur auf einer Seite lichtempfindliche Schichten aufweisen, sind bifaziale PV-Module auf beiden Seiten mit solchen Schichten versehen. Dies ermöglicht eine höhere Energieausbeute, da neben dem direkten Sonnenlicht auch reflektiertes und gestreutes Licht eingefangen wird. Je nach Reflektion der Umgebung erzielen bifaziale Module eine zusätzliche Leistung von bis zu 10-30% (Senec GmbH, 2024) im Vergleich zu monofazialen Modulen. In **Abbildung 10** ist eine Gegenüberstellung von monofazialen, bifazialen und semitransparenten Modulen abgebildet.

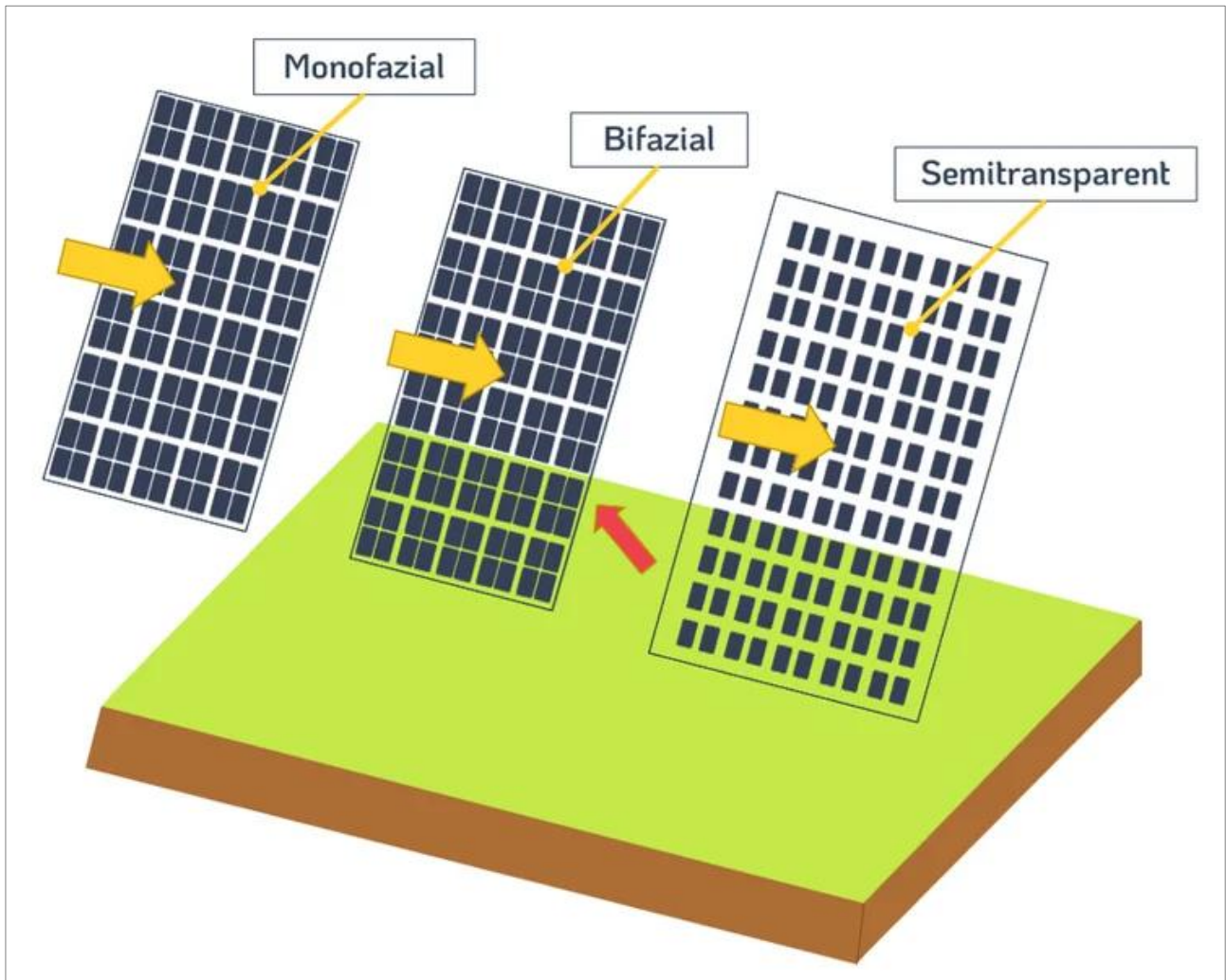


Abbildung 10: Gegenüberstellung von monofazialen, bifazialen und semitransparenten Modulen: Während monofaziale Module nur auf einer Seite Sonnenlicht genutzt wird, wird bei bifazialen Modulen auch die Rückseite für reflektiertes Licht genutzt. Semitransparente Module lassen einen Teil des direkten Sonnenlichts hindurch. (Fraunhofer ISE, 2023)

Konstruktion und Integration

Wesentliche Konstruktions- und Technologieaspekte bei der Realisierung von APA umfassen vor allem die sorgfältige Auswahl der Modultechnologie, die Konstruktion und Statik der Montagesysteme, eine hohe Wartungsfreundlichkeit sowie die Optimierung der Energieeffizienz. Bei der Modulwahl stehen Langlebigkeit, Garantien und Qualitätsstandards im Vordergrund (Fraunhofer ISE, 2023). Die Montagesysteme müssen robust und korrosionsbeständig ausgeführt sein, um extremen Witterungsbedingungen wie Sturm und Hagel standzuhalten, während ihre Höhe und

Anordnung eine gute Maschinenzugänglichkeit für die Pflegearbeiten und ungestörte Ernteabläufe sicherstellen (Schindele et al., 2020). Ebenso ist eine durchdachte Integration in bestehende Infrastrukturen, wie Fahrwege sowie Bewässerungssysteme wie Tropfbewässerung oder Unterflurbewässerung, von Bedeutung und sollte bei der Planung der Anlage berücksichtigt werden (Weselek et al., 2019). Zugleich erleichtern eine einfache Zugänglichkeit der PV-Module für Inspektionen, Reinigung und Reparaturen sowie der Einsatz intelligenter Monitoringsysteme (wie z. B. Temperatur- und Feuchtigkeitssensoren) zur Ertragsüberwachung und Fehlererkennung den laufenden Betrieb (Trommsdorff et al., 2021).

3.3 Prozessübersicht und Vorgehensweise

In diesem Kapitel wird ein umfassender Überblick über den Prozess der Planung und Entwicklung einer APA im Weinbaugebiet gegeben. Der Projektverlauf wird in klar definierte Phasen unterteilt, die den spezifischen Anforderungen und Gegebenheiten eines Agri-PV-Projekts angepasst sind. Jede Phase beinhaltet eine Reihe von Aktivitäten, die strukturiert durchgeführt werden, um einen möglichst reibungslosen Ablauf und den erfolgreichen Abschluss des Projekts zu gewährleisten.

3.3.1 Übersicht: Planung und Entwicklung einer APA

Die dargestellten Phasen (Initialisierung, Vorstudie, Konzept, Realisierung, Einführung und Nutzung) ermöglichen eine systematische und nachvollziehbare Projektabwicklung. Für jede Phase werden die zentralen Aktivitäten sowie die resultierenden Dokumente detailliert beschrieben. Diese Darstellung dient als Leitfaden, um die Schritte von der Projektidee bis zur langfristigen Nutzung zielgerichtet zu planen und erfolgreich umzusetzen. Die **Tabelle 6** zeigt die Übersicht eines typischen Projektverlaufs mit praxisorientierten Ergänzungen und Besonderheiten, die speziell auf die Umsetzung einer APA im Weinbau zugeschnitten sind.

Tabelle 6: Idealtypischer Projektverlauf mit Phasen, Aktivitäten und Ergebnissen (Kuster et al., 2011) mit Ergänzungen und Besonderheiten zu Agri-PV-Projekten im Weinbaugebiet.

Phase	Aktivitäten	Resultierende Dokumente	Beteiligte Stakeholder
Initialisierung	<p>Projektinitiierung und Zielsetzung</p> <ul style="list-style-type: none"> Kick-Off Meeting durchführen Grundidee und Zielsetzung ausarbeiten Projekumfang und -ziele definieren Anforderungen ermitteln <p>Projektplanung und Strukturierung</p> <ul style="list-style-type: none"> Grobe Projektplanung erstellen Zeitplan und Meilensteine festlegen Vorgehen definieren <p>Stakeholder-Management und Teamorganisation</p> <ul style="list-style-type: none"> Stakeholder identifizieren Projektteam aufstellen Aufgaben, Verantwortungen und Ressourcen zuteilen <p>Analyse und Risikobewertung</p> <ul style="list-style-type: none"> Umfeldanalyse durchführen Risiken identifizieren Erste Machbarkeitsbewertung <p>Wirtschaftliche Betrachtung und Dokumentation</p> <ul style="list-style-type: none"> Wirtschaftlichkeit schätzen Finanzierungsplan erstellen Alle Aktivitäten im Projektjournal dokumentieren 	<p>Entwurfsdokumente</p> <ul style="list-style-type: none"> Wirtschaftlichkeitsanalyse Machbarkeitsanalyse Stakeholderanalyse Risikoanalyse / Risikomanagementplan Kommunikationsplan Projektjournal Statusbericht Budgetplan Umfeldanalyse <p>Weitere Dokumente</p> <ul style="list-style-type: none"> Projektantrag Projektvereinbarung Projektplan Timeline mit Meilensteinen Aufstellung / Diagramm des Projektteams Ressourcenplan (Personal, Budget, Hilfsmittel, Technologie) Checklisten und Dokumentationsgrundlagen erstellen 	<p>Projektsteuerung und -finanzierung</p> <ul style="list-style-type: none"> Projektinitiator Projektsponsor, Investoren, finanzielle Interessengruppen Auftraggeber Projektleitung Projektmanager <p>Projektdurchführung und operative Beteiligung</p> <ul style="list-style-type: none"> Projektteam (interne und externe Dienstleister) Interne Abteilungen (z. B. IT, HR, Marketing) Winzer, Weinbaubetrieb Externe Projektberater oder Experten (z. B. bei Forschungsprojekten) Lieferanten und Partner <p>Externe Stakeholder und Interessengruppen</p> <ul style="list-style-type: none"> Kunden (Endbenutzer, Stromabnehmer, Energiewerk) Kritische Nutzer-/Interessengruppen (Nutzergruppen mit besonderen Anforderungen) Regulierungsbehörden (Gemeinde, Ämter)
Vorstudie	<p>Projektplanung und Machbarkeitsanalyse</p> <ul style="list-style-type: none"> Projektziele und -plan präzisieren Detaillierte Machbarkeitsstudie durchführen Technische Vorplanung erstellen (Offerten einholen) <p>Technische und ökologische Evaluation</p> <ul style="list-style-type: none"> Technische Spezifikationen der APA festlegen Ökologische und umweltrechtliche Aspekte bewerten <p>Rechtliche und wirtschaftliche Analyse</p> <ul style="list-style-type: none"> Rechtliche und raumplanerische Rahmenbedingungen klären Wirtschaftlichkeit prüfen und Finanzierungsplan erstellen Risikoanalyse durchführen <p>Stakeholder-Management</p> <ul style="list-style-type: none"> Stakeholder identifizieren und konsultieren Kommunikations- und Beteiligungsstrategie entwickeln <p>Projektoptimierung und Feinabstimmung</p> <ul style="list-style-type: none"> Alle Aspekte (technisch, rechtlich, wirtschaftlich) ergänzen und präzisieren Fördermöglichkeiten prüfen Pachtverträge und Nutzungserlaubnisse einholen 	<p>Ergänzen und präzisieren</p> <ul style="list-style-type: none"> Projektplan Stakeholderanalyse Kommunikationsplan Risikomanagementplan Budgetplan Wirtschaftlichkeitsanalyse Machbarkeitsstudie Umfeldanalyse <p>Aktualisieren</p> <ul style="list-style-type: none"> Projektjournal Statusbericht <p>Weitere Dokumente</p> <ul style="list-style-type: none"> Pflichtenheft Umwelt- und Naturschutzkonzept (falls erforderlich) Kosten-Nutzen-Analyse Konstruktionsofferten Vorstudienbericht 	<p>Projektsteuerung und Finanzierung</p> <ul style="list-style-type: none"> Projektsponsor, Investoren, finanzielle Interessengruppen Auftraggeber Projektleitung Projektmanager <p>Fachliche Expertise und Umsetzung</p> <ul style="list-style-type: none"> Technische Experten Forschungsteam (bei Forschungsprojekten) Interne / externe Berater (Juristen, PNA) Winzer, Weinbaubetrieb <p>Externe Stakeholder</p> <ul style="list-style-type: none"> Kunden, Endnutzer

Phase	Aktivitäten	Resultierende Dokumente	Beteiligte Stakeholder
Konzept	<p>Technische Planung und Umsetzung</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Technische Spezifikation der APA ergänzen und präzisieren ▪ Ausschreibung und Vergabe von Aufträgen für Bau, Installation der PV-Anlage und Zuarbeiten im Weinberg <p>Wirtschaftliche Analyse und Risikomanagement</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Durchführung einer detaillierten Wirtschaftlichkeitsanalyse ▪ Entwicklung der Projektresilienz gegen Faktoren wie Wetterextreme, Marktpreisschwankungen und Versicherungsaspekte <p>Rechtliche und administrative Vorbereitung</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Erstellung von Ausführungs- und Installationsplänen ▪ Vorbereitung und Durchführung des Bewilligungsverfahrens, einschliesslich der Erstellung aller erforderlichen Unterlagen für Gemeinde und Behörden 	<p>Vervollständigen und abschliessen</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Budgetplan ▪ Wirtschaftlichkeitsanalyse ▪ Machbarkeitsstudie <p>Aktualisieren</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Projektjournal ▪ Statusbericht <p>Weitere Dokumente</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Netzanschlussbestätigung ▪ Versicherungsverträge ▪ Resilienzkonzept ▪ Masterplan (Konzept, Detailplan) ▪ UVP (falls erforderlich) ▪ Baubewilligung 	<p>Projektsteuerung und Hauptakteure</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Projektauftraggeber ▪ Projektleitung ▪ Projektmanager ▪ Winzer, Weinbaubetrieb (falls nicht selbst Auftraggeber) <p>Fachliche Expertise und Umsetzung</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Experten und Berater (Umwelt-, Agrar-, PV-Experten) ▪ Energieunternehmen (Netzbetreiber, Stromabnehmer) ▪ Lieferanten, Firmen, Bau, Arbeiter ▪ Forschungsinstitute (bei wissenschaftlicher Begleitung) <p>Externe Stakeholder und Interessengruppen</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Behörden, Ämter ▪ Versicherungen ▪ Nachbarschaft ▪ Endnutzer, Kunden
Realisierung	<p>Genehmigungsverfahren und Bauplanung</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Einholung aller erforderlichen Genehmigungen ▪ Detaillierte Planung der Baumassnahmen und Installation <p>Bauausführung und Abnahme</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Durchführung der Baumassnahmen (Fundamente, Trägerkonstruktion, Module, Verkabelung) ▪ Abnahme der Bauarbeiten und Erstellung der finalen Dokumentation <p>Qualitäts-, Umwelt- und Naturschutzmanagement</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Implementierung von Qualitätssicherung und Controlling (Terminkontrollen, Kostenüberwachung) ▪ Einhaltung von Sicherheits- und Umweltschutzaufgaben ▪ Durchführung von Umwelt- und Naturschutzmassnahmen (z.B. Bodenschutz, Förderung der Biodiversität) 	<p>Berichte und Protokolle</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Qualitätssicherungsbericht ▪ Umweltmonitoringbericht ▪ Fortschrittsbericht ▪ Testbericht ▪ Bauprotokoll ▪ Inspektions- und Abnahmeprotokolle <p>Weitere Dokumente</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Einführungskonzept ▪ Detailzeichnungen, Termin- und Bauablaufplan 	<p>Projektmanagement und Koordination</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Projektleitung ▪ Projektmanager ▪ Winzer, Weinbaubetrieb, Betreiber (für Koordination der Bauarbeiten und Anliegen vor Ort) <p>Technische Umsetzung</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bauunternehmen ▪ Lieferanten ▪ Installateure ▪ Fachpersonal für Inbetriebnahme <p>Qualitätssicherung und Forschung</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Qualitätssicherungsteam ▪ Forschungsinstitute (bei wissenschaftlicher Begleitung) ▪ Umwelt- und Naturschutzbehörden ▪ Naturschutzorganisationen <p>Externe Stakeholder und Regulierung</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Umwelt- und Naturschutzbehörden ▪ Behörden, Aufsichtsstellen (für Inspektionen) ▪ Stromabnehmer ▪ Energieunternehmen ▪ Gemeinde ▪ Behörden

Phase	Aktivitäten	Resultierende Dokumente	Beteiligte Stakeholder
Einführung	<p>Technische Inbetriebnahme und Testphase</p> <ul style="list-style-type: none"> Durchführung eines Testbetriebs unter realen Bedingungen Offizielle Inbetriebnahme der Anlage im Netz Einholung eventuell notwendiger Zulassungen <p>Schulung und Wissenstransfer</p> <ul style="list-style-type: none"> Schulung von Weinbauern, Technikern und Personal im Umgang mit der APA Einweisung in Monitoring-Instrumente Vorbereitung und Durchführung der Übergabe <p>Kommunikation und Öffentlichkeitsarbeit</p> <ul style="list-style-type: none"> Information der Nachbarn Erstellung und Verteilung von Pressemitteilungen Anbringung von Erklärschildern im Rebberg <p>Evaluation und Projektabschluss</p> <ul style="list-style-type: none"> Monitoring und Evaluierung (erste Messdaten zu Stromertrag, Auswirkungen auf Weinqualität und Mikroklima) Durchführung von Abschlussarbeiten vor dem Regelbetrieb Einholen der Décharge (Entlastung/Abschluss für alle Projektbeteiligten) 	<p>Berichte und Protokolle</p> <ul style="list-style-type: none"> Wartungs- und Inspektionsprotokolle Monitoringbericht Evaluierungsbericht Forschungsbericht Abschlussbericht Übergabeprotokoll <p>Vervollständigen und abschliessen</p> <ul style="list-style-type: none"> Kommunikationsplan <p>Weitere Dokumente</p> <ul style="list-style-type: none"> Betriebshandbuch Pressemitteilungen Produktbeschreibung Schulungsunterlagen 	<p>Projektmanagement und Betrieb</p> <ul style="list-style-type: none"> Projektleitung Projektmanager Winzer / Weinbaubetrieb Rebenpflegepersonal Betriebs- und Wartungspersonal <p>Fachliche Expertise und Unterstützung</p> <ul style="list-style-type: none"> Schulungspersonal Technische Berater Forschungsinstitute (bei wissenschaftlicher Begleitung) <p>Externe Stakeholder und Kommunikation</p> <ul style="list-style-type: none"> Energieunternehmen Behörden (für finale Abnahme) PR-Team Lokale Medien
Nutzung	<p>Technischer Betrieb und Wartung</p> <ul style="list-style-type: none"> Regulärer Betrieb und Wartung der Anlage (Modulsauberkeit, Trägerkonstruktion, Rebenpflege) Performance-Monitoring (Stromerträge, Effekte auf Reben, Qualitäts- und Ertragsauswertung) Weiterentwicklung und Skalierung (Anpassungen bei Moduldicke, Ausbau, Technologieerneuerung) <p>Wirtschaftliche Verwaltung</p> <ul style="list-style-type: none"> Finanzielle Überwachung (Einnahmen aus Stromverkauf, Amortisation, Rücklagen) Berichterstattung und Dokumentation (regelmässige Reports, Steuer- und Förderungsnachweise) <p>Nachhaltigkeitsmanagement</p> <ul style="list-style-type: none"> Ökologische und soziale Evaluierung (Auswirkungen auf Tierwelt, Landschaftsbild, Akzeptanz) Kontinuierliche Bewertung der Umweltauswirkungen und Anpassung der Massnahmen <p>Langfristige Planung und Anlagenlebenszyklus</p> <ul style="list-style-type: none"> Strategische Planung für zukünftige Erweiterungen oder Technologie-Upgrades Vorbereitung auf möglichen Rückbau der Anlage (falls erforderlich) Entwicklung von Konzepten für die Nachnutzung oder Wiederverwertung von Anlagenkomponenten 	<p>Berichte und Protokolle</p> <ul style="list-style-type: none"> Jahresbericht Finanzberichte Forschungsbericht Monitoringberichte Wartungs- und Inspektionsprotokolle <p>Weitere Dokumente</p> <ul style="list-style-type: none"> Ökologische Auswertung Sozioökonomische Studien Optimierungspläne Rückbaukonzept (falls erforderlich) 	<p>Projektmanagement und Betrieb</p> <ul style="list-style-type: none"> Projektleitung Projektmanager Finanzcontroller Winzer, Weinbaubetrieb Betriebspersonal Rebenpflegepersonal Wartungsteams <p>Externe Partner und Dienstleister</p> <ul style="list-style-type: none"> Agrar- und Energieunternehmen Stromabnehmer Bauunternehmen (falls Rückbau der Anlage vorgesehen) <p>Behörden und Regulierungsinstanzen</p> <ul style="list-style-type: none"> Behörden (für regelmässige Überprüfungen) Umwelt- und Naturschutzbehörden Umwelt- und Naturschutzbehörden (Kontrolle nach Rückbau) <p>Forschung und Öffentlichkeit</p> <ul style="list-style-type: none"> Forscher und Wissenschaftler Forschungsteam (bei Forschungsprojekten) Öffentlichkeit, lokale Gemeinschaft, Besucher

3.3.2 Initialisierung

Ziel: Projektstart und grundlegende Weichenstellungen.

Schaffung einer klaren Projektgrundlage durch Identifizierung von Ideen, Stakeholdern und Ressourcen sowie Aufbau eines geeigneten Projektteams.

Schwerpunkte

- Projektinitiierung und Zielsetzung
- Projektplanung und Strukturierung
- Stakeholder-Management und Teamorganisation
- Analyse und Risikobewertung
- Wirtschaftliche Betrachtung und Dokumentation

Initialisierung	Aktivitäten	Resultierende Dokumente	Beteiligte Stakeholder
	<p>Projektinitiierung und Zielsetzung</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Kick-Off Meeting durchführen Das Kick-Off Meeting dient als offizieller Projektstart und bringt alle relevanten Stakeholder zusammen. Hier werden die grundlegenden Projektziele, der Umfang und die Erwartungen kommuniziert und abgestimmt. ▪ Grundidee und Zielsetzung ausarbeiten Die Grundidee wird konkretisiert und in messbare Projektziele übersetzt. Dies umfasst die Definition von Erfolgskriterien und die Abstimmung mit den strategischen Unternehmenszielen. ▪ Projektumfang und -ziele definieren Der Projektumfang wird klar abgegrenzt und die spezifischen Projektziele werden SMART (Spezifisch, Messbar, Akzeptiert, Realistisch, Terminiert) formuliert. Dies bildet die Grundlage für alle weiteren Planungsschritte und die spätere Erfolgsmessung. ▪ Anforderungen ermitteln Die Anforderungen aller relevanten Stakeholder werden systematisch erfasst und analysiert. Dies umfasst funktionale und nicht-funktionale Anforderungen sowie etwaige Rahmenbedingungen und Einschränkungen. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Projektantrag ▪ Anforderungsanalyse ▪ Machbarkeitsanalyse ▪ Stakeholderanalyse ▪ Risikoanalyse / Risikomanagementplan 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Auftraggeber ▪ Projektinitiator ▪ Winzer ▪ Eigentümer der Landfläche ▪ Investoren ▪ Evtl. Stromabnehmer (z. B. Energieunternehmen)
	<p>Projektplanung und Strukturierung</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Grobe Projektplanung erstellen Ein übergeordneter Projektplan wird entwickelt, der die Hauptphasen, Meilensteine und kritischen Pfade des Projekts aufzeigt. Dieser Plan dient als Orientierungsrahmen für die detaillierte Planung und das Projektcontrolling. ▪ Zeitplan und Meilensteine festlegen Ein detaillierter Zeitplan wird erarbeitet, der alle Projektaktivitäten, deren Dauer und Abhängigkeiten berücksichtigt. Wichtige Meilensteine werden definiert, um den Projektfortschritt messbar zu machen. ▪ Vorgehen definieren Die Projektmethodik und das Vorgehensmodell (z.B. agil, Wasserfall oder hybrid) werden festgelegt. Dies umfasst die Definition von Arbeitspaketen, Sprints oder Phasen sowie die Festlegung von Review- und Abstimmungsprozessen. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kommunikationsplan ▪ Projektjournal ▪ Statusbericht ▪ Kostenplan 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Projektleitung ▪ Projektmanager

Initialisierung	<p>Stakeholder-Management und Teamorganisation</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Stakeholder identifizieren Alle relevanten Interessengruppen und Personen, die vom Projekt betroffen sind oder Einfluss darauf haben, werden systematisch erfasst. Dies umfasst interne und externe Stakeholder sowie deren Einfluss und Interesse am Projekt. ▪ Projektteam aufstellen Das Projektteam wird zusammengestellt, wobei auf eine ausgewogene Mischung von Fähigkeiten, Erfahrungen und Perspektiven geachtet wird. Die Teamstruktur und Berichtslinien werden definiert. ▪ Aufgaben, Verantwortungen und Ressourcen zuteilen Die Projektaufgaben werden klar definiert und den Teammitgliedern zugewiesen. Verantwortlichkeiten werden schriftlich festgehalten und notwendige Ressourcen (personell, finanziell, materiell) werden zugeteilt. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Projektantrag ▪ Projektvereinbarung ▪ Projektplan ▪ Timeline mit Meilensteinen 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Projektdurchführung und operative Beteiligung ▪ Projektteam (interne und externe Dienstleister) ▪ Interne Abteilungen (z. B. IT, HR, Marketing) ▪ Winzer, Weinbaubetrieb ▪ Externe Projektberater oder Partner (z. B. bei Forschungsprojekten) ▪ Lieferanten und Partner
	<p>Analyse und Risikobewertung</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Umfeldanalyse durchführen Eine gründliche Analyse des Projektumfelds wird durchgeführt, um externe Einflussfaktoren zu identifizieren. Dies umfasst politische, ökonomische, soziale, technologische, rechtliche und ökologische Aspekte (PESTEL-Analyse). ▪ Risiken identifizieren Potenzielle Risiken und Chancen werden systematisch erfasst und kategorisiert. Dies beinhaltet sowohl projektinterne als auch -externe Risikofaktoren. ▪ Erste Machbarkeitsbewertung Eine initiale Bewertung der technischen, wirtschaftlichen und organisatorischen Machbarkeit des Projekts wird durchgeführt. Hierbei werden kritische Erfolgsfaktoren und potenzielle Hindernisse identifiziert. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Umfeldanalyse ▪ Aufstellung / Diagramm des Projektteams ▪ Ressourcenplan (Personal, Budget) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Projektteam ▪ Externe Projektberater oder Partner ▪ Lieferanten und Partner
	<p>Wirtschaftliche Betrachtung und Dokumentation</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Wirtschaftlichkeit schätzen Eine detaillierte Kosten-Nutzen-Analyse wird durchgeführt, um die wirtschaftliche Tragfähigkeit des Projekts zu bewerten. Dies umfasst die Schätzung von Kosten, erwarteten Erträgen und dem Return on Investment (ROI). ▪ Finanzierungsplan erstellen Ein umfassender Finanzierungsplan wird entwickelt, der die Projektkosten, Finanzierungsquellen und den Cashflow über die gesamte Projektlaufzeit berücksichtigt. Verschiedene Finanzierungsoptionen werden evaluiert und eine optimale Strategie wird ausgewählt. ▪ Alle Aktivitäten im Projektjournal dokumentieren Sämtliche Projektaktivitäten, Entscheidungen und Ergebnisse werden systematisch im Projektjournal erfasst. Dies gewährleistet Transparenz, Nachvollziehbarkeit und dient als Grundlage für das Wissensmanagement und zukünftige Lessons Learned. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Checklisten ▪ Grundlagen für die Dokumentation erstellen 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Externe Stakeholder und Interessengruppen ▪ Kunden (Endbenutzer, Stromabnehmer, Energiewerke) ▪ Kritische Nutzer-/Interessengruppen (mit besonderen Anforderungen) ▪ Regulierungsbehörden (Gemeinde, Ämter)

3.3.3 Vorstudie

Ziel: Realisierbarkeit des Projekts prüfen.

Bewertung der Machbarkeit und Rahmenbedingungen des Projekts durch Analysen (Standort, Finanzierung, rechtliche und technische Aspekte) und Erstellung der Grundlagen eines fundierten Konzepts.

Schwerpunkte

- Projektplanung und Machbarkeitsanalyse
- Technische und ökologische Evaluation
- Rechtliche und wirtschaftliche Analyse
- Stakeholder-Management
- Projektoptimierung und Feinabstimmung

	Aktivitäten	Resultierende Dokumente	Beteiligte Stakeholder
Vorstudie	<p>Projektplanung und Machbarkeitsanalyse</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Projektziele und -plan präzisieren Die Projektziele werden detailliert ausformuliert. Ein detaillierter Projektplan wird erstellt, der Meilensteine, Ressourcenzuweisung und kritische Pfade für die Vorstudie und potenzielle Hauptprojektphasen umfasst. ▪ Detaillierte Machbarkeitsstudie durchführen Eine umfassende Machbarkeitsstudie wird durchgeführt, die technische, wirtschaftliche und organisatorische Aspekte der Agri-PV-Integration im Weinbau berücksichtigt. Potenzielle Hindernisse wie Genehmigungsverfahren oder technische Herausforderungen werden identifiziert und Lösungsansätze entwickelt. ▪ Technische Vorplanung erstellen (Offerten einholen) Eine technische Vorplanung wird erarbeitet, die Systemspezifikationen, Layoutentwürfe und Leistungsberechnungen für die APA im Kontext des Weinbaus umfasst. Basierend auf diesen Spezifikationen werden Offerten von potenziellen Lieferanten und Dienstleistern eingeholt und verglichen. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Projektplan ▪ Stakeholderanalyse ▪ Kommunikationsplan ▪ Risikomanagementsplan 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Projektsteuerung ▪ Projektsponsor ▪ Investoren ▪ finanzielle Interessengruppen ▪ Auftraggeber ▪ Projektleitung ▪ Projektmanager

Vorstudie	<p>Technische und ökologische Evaluation</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Technische Spezifikationen der APA festlegen Rahmenbedingungen klären Die technischen Spezifikationen der APA werden detailliert ausgearbeitet, wobei besonderes Augenmerk auf die Integration in den Weinberg gelegt wird. Dies umfasst die Auswahl geeigneter PV-Module, einer weinbauspezifischen Unterkonstruktion, effizienter Wechselrichter und weiterer Komponenten unter Berücksichtigung der besonderen Anforderungen des Weinbaus ▪ Ökologische und umweltrechtliche Aspekte bewerten Eine umfassende ökologische Bewertung wird durchgeführt, die spezifische Auswirkungen der APA auf die Biodiversität des Weinbergs, die Bodenqualität und das lokale Ökosystem untersucht. Umweltrechtliche Anforderungen für den Weinbausektor werden identifiziert und Compliance-Strategien unter Berücksichtigung lokaler Vorschriften entwickelt. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Budgetplan ▪ Wirtschaftlichkeitsanalyse ▪ Machbarkeitsstudie ▪ Umfeldanalyse 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Technische Experten ▪ Forschungsteam ▪ Interne/externe Berater ▪ Winzer, Weinbaubetrieb
	<p>Rechtliche und wirtschaftliche Analyse</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Rechtliche und raumplanerische Die rechtlichen Rahmenbedingungen für die Errichtung und den Betrieb der APA im Weinberg werden analysiert, wobei sowohl landwirtschaftliche als auch energierechtliche Aspekte berücksichtigt werden. Notwendige Genehmigungen werden identifiziert und der Genehmigungsprozess unter Berücksichtigung lokaler Behördenstrukturen wird eingeleitet. ▪ Wirtschaftlichkeit prüfen und Finanzierungsplan erstellen Eine detaillierte Wirtschaftlichkeitsanalyse wird durchgeführt, die spezifische Investitionskosten, Betriebskosten, erwartete Erträge aus Weinbau und Stromerzeugung sowie die Amortisationszeit berücksichtigt. Ein Finanzierungsplan wird erstellt, der verschiedene Finanzierungsoptionen evaluiert und die besonderen Bedingungen des Agri-PV-Projekts im Weinbau berücksichtigt. ▪ Risikoanalyse durchführen Eine umfassende Risikoanalyse wird durchgeführt, die sowohl allgemeine Projektrisiken als auch spezifische Risiken der Agri-PV-Integration im Weinbau identifiziert. Risikominderungsstrategien werden entwickelt, wobei besonderes Augenmerk auf die Vereinbarkeit von Weinbau und Solarenergieerzeugung gelegt wird. 	<p>Aktualisieren:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Projektjournal ▪ Statusbericht 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Juristen ▪ PNA ▪ Winzer, Weinbaubetrieb

Vorstudie	<p>Stakeholder-Management</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Stakeholder identifizieren und konsultieren Alle relevanten Stakeholder werden identifiziert, darunter lokale Behörden, Anwohner, Umweltorganisationen, Weinbauverbände und potenzielle Abnehmer des erzeugten Stroms. Gezielte Konsultationen werden durchgeführt, um spezifische Bedenken und Erwartungen bezüglich der v im Weinberg zu erfassen. ▪ Kommunikations- und Beteiligungsstrategie entwickeln Eine umfassende Kommunikationsstrategie wird entwickelt, die regelmässige Updates, Informationsveranstaltungen und Beteiligungsmöglichkeiten für Stakeholder vorsieht. Besonderer Wert wird auf die Vermittlung der Vorteile der Agri-PV für den lokalen Weinbau und die nachhaltige Energieversorgung gelegt. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pflichtenheft ▪ Umwelt- und Naturschutzkonzept (falls erforderlich) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Externe Stakeholder ▪ Kunden (Endnutzer, Stromabnehmer, Energiewerke)
	<p>Projektoptimierung und Feinabstimmung</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Alle Aspekte (technisch, rechtlich, wirtschaftlich) ergänzen und präzisieren Basierend auf den Ergebnissen der vorherigen Phasen werden alle Aspekte des Agri-PV-Projekts im Weinberg nochmals überprüft und optimiert. Technische Spezifikationen werden an die spezifischen Bedingungen des Weinbaus angepasst, rechtliche Vereinbarungen präzisiert und wirtschaftliche Kalkulationen unter Berücksichtigung aktueller Marktbedingungen verfeinert. Zusammenfassung aller Ergebnisse der Machbarkeitsstudie in einem detaillierten Bericht als Grundlage für die Konzeptphase. ▪ Fördermöglichkeiten prüfen Eine erneute Prüfung der Fördermöglichkeiten wird durchgeführt, um sicherzustellen, dass alle verfügbaren Optionen für Agri-PV im Weinbau ausgeschöpft werden. Spezifische Förderprogramme für innovative Agrarkonzepte und erneuerbare Energien werden identifiziert und Anträge finalisiert und eingereicht. ▪ Pachtverträge und Nutzungserlaubnisse einholen Detaillierte Pachtverträge und Nutzungsvereinbarungen mit dem Weinbaubetrieb werden ausgearbeitet und finalisiert. Diese regeln die langfristige Nutzung der Weinbergflächen für die APA, definieren Verantwortlichkeiten für Wartung und Pflege sowie die Aufteilung der Erträge aus Weinbau und Stromerzeugung. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kosten-Nutzen-Analyse ▪ Vorstudien-Bericht 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Projektsteuerung und Finanzierung ▪ Externe Stakeholder

3.3.4 Konzept

Ziel: Konkretisierung des Projekts und Erstellung eines belastbaren Plans und der Eingabe des Baugesuchs.
 Entwicklung eines detaillierten Projektplans, der alle relevanten ökologischen, wirtschaftlichen und technischen Aspekte sowie die Abstimmung mit den Stakeholdern umfasst.

Schwerpunkte

- Technische Planung und Umsetzung vorbereiten
- Wirtschaftliche Analyse und Risikomanagement vervollständigen
- Rechtliche und administrative Vorbereitung

Konzept	Aktivitäten	Resultierende Dokumente	Beteiligte Stakeholder
	<p>Technische Planung und Umsetzung</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Technische Spezifikation der APA ergänzen und präzisieren Die technischen Spezifikationen der Agri-Photovoltaik-Anlage (APA) werden basierend auf den Erkenntnissen der Vorstudie verfeinert und an die spezifischen Bedingungen des Rebbergs angepasst. Hierbei werden innovative Lösungen für die Integration der PV-Module in die Weinbergstruktur entwickelt, um optimale Lichtverhältnisse für die Reben zu gewährleisten und gleichzeitig die Energieausbeute zu maximieren. ▪ Ausschreibung und Vergabe von Aufträgen für Bau, Installation der PV-Anlage und Zuarbeiten im Weinberg Basierend auf den präzisierten technischen Spezifikationen werden detaillierte Ausschreibungsunterlagen für die Baumassnahmen, die Installation der PV-Anlage und notwendige Anpassungen im Weinberg erstellt. Die Auftragsvergabe erfolgt unter Berücksichtigung der spezifischen Anforderungen des Agri-PV-Projekts und der Expertise der Anbieter im Bereich Weinbau und PV. 	<p>Vervollständigen und abschliessen</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Budgetplan ▪ Wirtschaftlichkeitsanalyse ▪ Machbarkeitsstudie 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Projektsteuerung ▪ Projektauftraggeber ▪ Projektleitung ▪ Projektmanager ▪ Winzer, Weinbaubetrieb

Konzept	<p>Wirtschaftliche Analyse und Risikomanagement</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Durchführung einer detaillierten Wirtschaftlichkeitsanalyse Eine umfassende Wirtschaftlichkeitsanalyse wird durchgeführt, die sowohl die Kosten für die Installation und den Betrieb der APA als auch die erwarteten Erträge aus der Stromproduktion und dem Weinbau berücksichtigt. Hierbei werden verschiedene Szenarien modelliert, um die langfristige Rentabilität und Nachhaltigkeit des Projekts zu bewerten. ▪ Entwicklung der Projektresilienz gegen Faktoren wie Wetterextreme, Marktpreisschwankungen und Versicherungsaspekte Es wird ein Resilienzkonzept entwickelt, das potenzielle Risiken wie extreme Wetterereignisse, Schwankungen der Strompreise und Veränderungen im Weinmarkt berücksichtigt. Versicherungsoptionen werden evaluiert und in das Gesamtkonzept integriert, um die langfristige Stabilität und Wirtschaftlichkeit des Agri-PV-Projekts zu sichern. 	<p>Aktualisieren:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Projektjournal ▪ Statusbericht 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Experten und Berater: Umwelt, Agrar-, PV-Experten ▪ Energieunternehmen (Netzbetreiber, Stromabnehmer) ▪ Lieferanten ▪ Baufirmen
	<p>Rechtliche und administrative Vorbereitung</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Erstellung von Ausführungs- und Installationsplänen Detaillierte Ausführungs- und Installationspläne werden erstellt, die alle technischen Aspekte der APA im Kontext des Weinbergs berücksichtigen. Diese Pläne umfassen die genaue Positionierung der PV-Module, Kabelführungen, Wechselrichterstandorte und notwendige Anpassungen der Weinberginfrastruktur. ▪ Vorbereitung und Durchführung des Bewilligungsverfahrens, einschliesslich der Erstellung aller erforderlichen Unterlagen für Gemeinde und Behörden Ein umfassendes Dossier für das Bewilligungsverfahren wird zusammengestellt, das alle notwendigen Unterlagen für Gemeinde und Behörden enthält. Dies umfasst technische Pläne, Umweltverträglichkeitsstudien, Visualisierungen der Anlage im Landschaftsbild und detaillierte Beschreibungen der Auswirkungen auf den Weinbau und die lokale Energieversorgung. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Netzanschlussbetätigung ▪ Versicherungsverträge ▪ Resilienzkonzept ▪ Masterplan (Konzept, Detailplan) ▪ UVP (falls erforderlich) ▪ Baubewilligung 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Forschungsinstitute (bei wissenschaftlicher Begleitung) ▪ Behörden, Ämter ▪ Versicherungen ▪ Nachbarschaft ▪ Endnutzer, Kunden

3.3.5 Realisierung

<p>Ziel: Bau der Anlage und schrittweise Umsetzung. Umsetzung des Projekts nach Eingabe des Baugesuchs und positivem Bescheid, Beschaffung notwendiger Ressourcen und Installationen sowie Durchführung von Qualitätskontrollen.</p>			
<p>Schwerpunkte</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Genehmigungsverfahren und Bauplanung ▪ Bauausführung und Abnahme ▪ Qualitäts-, Umwelt- und Naturschutzmanagement 			
Realisierung	<p>Aktivitäten</p>	<p>Resultierende Dokumente</p>	<p>Beteiligte Stakeholder</p>
	<p>Genehmigungsverfahren und Bauplanung</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Einholung aller erforderlichen Genehmigungen Alle notwendigen Genehmigungen für die Errichtung der APA im Rebberg werden bei den zuständigen Behörden eingeholt. Dies umfasst baurechtliche, umweltrechtliche und energiewirtschaftliche Genehmigungen unter Berücksichtigung der spezifischen Anforderungen für die Integration von PV-Anlagen in Weinberge. ▪ Detaillierte Planung der Baumassnahmen und Installation Ein detaillierter Bauplan wird erstellt, der die spezifischen Herausforderungen der Installation einer PV-Anlage in einem Weinberg berücksichtigt. Dieser Plan umfasst die Positionierung der Fundamente, die Montage der Trägerkonstruktion und die Installation der PV-Module 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Qualitätssicherungsbericht, ▪ Umweltmonitoringbericht, ▪ Fortschrittsbericht ▪ Testbericht ▪ Bauprotokoll 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Projektleitung ▪ Projektmanager ▪ Winzer, Weinbaubetrieb ▪ Betreiber ▪ Gemeinde ▪ Behörden
	<p>Bauausführung und Abnahme</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Durchführung der Baumassnahmen (Fundamente, Trägerkonstruktion, Module, Verkabelung) Die Baumassnahmen werden gemäss dem detaillierten Bauplan durchgeführt, wobei besondere Sorgfalt auf den Schutz der bestehenden Rebstöcke und des Bodens gelegt wird. Die Installation umfasst die Errichtung der Fundamente, die Montage der speziell für den Weinberg konzipierten Trägerkonstruktion, die Anbringung der PV-Module und die fachgerechte Verkabelung unter Berücksichtigung der landwirtschaftlichen Nutzung. ▪ Abnahme der Bauarbeiten und Erstellung der finalen Dokumentation Nach Abschluss der Bauarbeiten erfolgt eine umfassende Abnahme der APA, bei der die Einhaltung aller technischen Spezifikationen und Qualitätsstandards überprüft wird. Die finale Dokumentation wird erstellt, die alle technischen Details, Prüfprotokolle und Betriebsanweisungen für die kombinierte Nutzung als PV-Anlage und Weinberg umfasst. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Inspektions- und Abnahmeprotokolle 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bauunternehmen ▪ Lieferanten ▪ Installateure ▪ Fachpersonal für Inbetriebnahme

<h1 style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Realisierung</h1>	<p>Qualitäts-, Umwelt- und Naturschutzmanagement</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Implementierung von Qualitätssicherung und Controlling (Terminkontrollen, Kostenüberwachung) Ein umfassendes Qualitätssicherungs- und Controllingsystem wird implementiert, das speziell auf die Anforderungen eines Agri-PV-Projekts im Weinbau zugeschnitten ist. Dieses System überwacht kontinuierlich die Einhaltung von Terminen, die Kostenentwicklung und die Qualität der Ausführung, um eine optimale Integration der PV-Anlage in den laufenden Weinbaubetrieb zu gewährleisten. ▪ Einhaltung von Sicherheits- und Umweltschutzauflagen Strenge Sicherheits- und Umweltschutzauflagen werden während der gesamten Bauphase eingehalten, um sowohl die Arbeiter als auch die empfindliche Ökologie des Weinbergs zu schützen. Dies umfasst Massnahmen zur Minimierung von Bodenverdichtung, zum Schutz der Rebstöcke vor Beschädigungen und zur Vermeidung von Umweltverschmutzung. ▪ Durchführung von Umwelt- und Naturschutzmassnahmen (z.B. Bodenschutz, Förderung der Biodiversität) Spezifische Umwelt- und Naturschutzmassnahmen werden implementiert, die auf die Erhaltung und Förderung der Biodiversität im Weinberg abzielen. Dies beinhaltet die Schaffung von Habitaten für nützliche Insekten, die Anwendung bodenschonender Bautechniken und die Integration von Begrünungskonzepten, die sowohl der PV-Anlage als auch dem Weinbau zugutekommen. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Einführungshandbuch ▪ Detailzeichnungen ▪ Termin- und Bauablaufplan 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Qualitätssicherungsteam ▪ Forschungsinstitute (bei wissenschaftlicher Begleitung) ▪ Umwelt- und Naturschutzbehörden ▪ Naturschutzorganisationen
---	---	---	--

3.3.6 Einführung

<p>Ziel: Übergang in den Betrieb der Anlage. Erfolgreiche Inbetriebnahme des Projekts mit getesteten und funktionierenden Systemen.</p>			
<p>Schwerpunkte</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Technische Inbetriebnahme und Testphase ▪ Schulung und Wissenstransfer ▪ Kommunikation und Öffentlichkeitsarbeit ▪ Evaluation und Projektabschluss 			
Einführung	<p>Aktivitäten</p>	<p>Resultierende Dokumente</p>	<p>Beteiligte Stakeholder</p>
	<p>Technische Inbetriebnahme und Testphase</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Durchführung eines Testbetriebs unter realen Bedingungen Ein umfassender Testbetrieb der APA wird unter realen Weinbergbedingungen durchgeführt. Dabei werden alle Systeme auf ihre Funktionalität, Effizienz und Kompatibilität mit den Weinbauaktivitäten geprüft, um potenzielle Anpassungsbedarfe zu identifizieren. ▪ Offizielle Inbetriebnahme der Anlage im Netz Nach erfolgreichem Abschluss der Testphase erfolgt die offizielle Inbetriebnahme der APA und deren Einbindung ins Stromnetz. Hierbei werden alle rechtlichen und technischen Voraussetzungen für die Stromeinspeisung erfüllt und dokumentiert. ▪ Einholung eventuell notwendiger Zulassungen Alle noch ausstehenden Zulassungen und Genehmigungen für den Regelbetrieb der Anlage werden eingeholt. Dies kann spezielle Betriebsgenehmigungen für die kombinierte Nutzung als Weinberg und Energieerzeuger umfassen. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Wartungs- und Inspektionsprotokolle ▪ Monitoringbericht ▪ Evaluierungsbericht ▪ Forschungsbericht ▪ Abschlussbericht ▪ Übergabeprotokoll 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Projektleitung ▪ Projektmanager ▪ Winzer, Weinbaubetrieb ▪ Rebenpflegepersonal ▪ Betriebs- und Wartungspersonal
	<p>Schulung und Wissenstransfer</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Schulung von Weinbauern, Technikern und Personal im Umgang mit der APA Umfassende Schulungen werden für alle beteiligten Mitarbeiter durchgeführt, um sie mit der Bedienung, Wartung und Optimierung der APA vertraut zu machen. Besonderer Fokus liegt auf der Integration der Anlage in die täglichen Weinbauaktivitäten. ▪ Einweisung in Monitoring-Instrumente Das Personal wird in die Nutzung und Interpretation der Monitoring-Instrumente eingewiesen. Dies umfasst die Überwachung der Energieproduktion, der Umweltparameter und der Auswirkungen auf den Weinbau. ▪ Vorbereitung und Durchführung der Übergabe Eine formelle Übergabe der Anlage wird vorbereitet und durchgeführt, bei der alle relevanten Dokumente, Betriebsanleitungen und Wartungspläne an die Betreiber übergeben werden. 	<p>Vervollständigen und abschliessen</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Kommunikationsplan 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Projektleitung ▪ Projektmanager ▪ Betriebsleiter ▪ Rebenpflegepersonal ▪ Winzer, Weinbaubetrieb ▪ Schulungspersonal ▪ Technische Berater ▪ Forschungsinstitute (bei wissenschaftlicher Begleitung)

Einführung	<p>Kommunikation und Öffentlichkeitsarbeit</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Information der Nachbarn Die Anwohner und lokale Gemeinschaft werden über die Fertigstellung und Inbetriebnahme der APA informiert. Dabei werden die Vorteile für die lokale Energieversorgung und nachhaltige Landwirtschaft hervorgehoben. ▪ Erstellung und Verteilung von Pressemitteilungen Pressemitteilungen werden verfasst und an relevante Medien verteilt, um die erfolgreiche Implementation der APA im Weinberg zu kommunizieren. Der Fokus liegt auf den innovativen Aspekten und dem Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung. ▪ Anbringung von Erklärschildern im Rebberg Informative Erklärschilder werden im Rebberg angebracht, um Besucher und Interessierte über die Funktionsweise und Vorteile der APA aufzuklären. Diese dienen auch als Bildungsinstrument für nachhaltigen Weinbau und erneuerbare Energien. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Betriebshandbuch ▪ Pressemitteilungen ▪ Produktbeschreibung ▪ Schulungsunterlagen 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Energieunternehmen ▪ Behörden für finale Abnahme ▪ Gemeinde ▪ PR-Team ▪ Lokale Medien
	<p>Evaluation und Projektabschluss</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Monitoring und Evaluierung (erste Messdaten zu Stromertrag, Auswirkungen auf Weinqualität und Mikroklima) Ein umfassendes Monitoring-System wird implementiert, um erste Daten zu Stromertrag, Auswirkungen auf die Weinqualität und Veränderungen im Mikroklima zu erfassen. Diese Daten werden analysiert, um die Effizienz und Nachhaltigkeit der Anlage zu bewerten. ▪ Durchführung von Abschlussarbeiten vor dem Regelbetrieb Letzte Anpassungen und Optimierungen werden basierend auf den Erkenntnissen aus der Testphase und dem initialen Monitoring vorgenommen. Alle Systeme werden auf ihre volle Funktionsfähigkeit überprüft. ▪ Einholen der Décharge (Entlastung/Abschluss für alle Projektbeteiligten) Eine formelle Entlastung wird für alle Projektbeteiligten eingeholt, die den erfolgreichen Abschluss des Projekts und die Erfüllung aller vertraglichen Verpflichtungen bestätigt. Dies markiert den offiziellen Übergang in den Regelbetrieb. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Evaluierungsbericht ▪ Abschlussdokumentation ▪ Leistungsdatenanalyse, Qualitätsbewertung des Wein ▪ Mikroklima-Studie ▪ Finanzielle Abschlussrechnung ▪ Projektabschlussbericht ▪ Décharge-Dokumente 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Projektleitung ▪ Projektmanager ▪ Weinbauexperten ▪ Energietechniker ▪ Umweltwissenschaftler ▪ Finanzcontroller ▪ Qualitätsmanager ▪ Externe Auditoren ▪ Behörden

3.3.7 Nutzung

Ziel: Nachhaltiger Betrieb und fortlaufende Optimierung.

Sicherstellung der langfristigen Funktion und Nachhaltigkeit des Projekts durch Dokumentation und kontinuierliches Monitoring der ökologischen, technischen und wirtschaftlichen Parameter.

Schwerpunkte

- Technischer Betrieb und Wartung
- Wirtschaftliche Verwaltung
- Nachhaltigkeitsmanagement
- Langfristige Planung und Anlagenlebenszyklus

Nutzung	Aktivitäten	Resultierende Dokumente	Beteiligte Stakeholder
	<p>Technischer Betrieb und Wartung</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Regulärer Betrieb und Wartung der Anlage (Modulsauberkeit, Trägerkonstruktion, Rebenpflege) Die APA wird im Regelbetrieb geführt, wobei regelmässige Wartungsarbeiten an den PV-Modulen, der Trägerkonstruktion und den Rebstöcken durchgeführt werden. Ein besonderer Fokus liegt auf der Erhaltung der Modulsauberkeit zur Maximierung der Energieausbeute und der sorgfältigen Pflege der Rebstöcke zur Sicherung der Weinqualität. ▪ Performance-Monitoring (Stromerträge, Effekte auf Reben, Qualitäts- und Ertragsauswertung) Ein umfassendes Monitoring-System erfasst kontinuierlich Daten zu Stromerträgen, Auswirkungen auf die Reben sowie Qualitäts- und Ertragsparameter des Weinbaus. Diese Daten werden regelmässig analysiert, um die Effizienz der Anlage zu optimieren und mögliche Anpassungen vorzunehmen. ▪ Weiterentwicklung und Skalierung (Anpassungen bei Moduldichte, Ausbau, Technologieerneuerung) Basierend auf den Monitoring-Ergebnissen werden kontinuierliche Verbesserungen und Anpassungen an der Anlage vorgenommen. Dies kann Änderungen in der Moduldichte, den Ausbau der Anlage oder die Integration neuer Technologien umfassen, um die Effizienz und Nachhaltigkeit weiter zu steigern. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Jahresbericht ▪ Finanzberichte ▪ Forschungsbericht ▪ Monitoringberichte ▪ Wartungs- und Inspektionsprotokoll 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Projektleitung ▪ Projektmanager ▪ Finanzcontroller ▪ Winzer, Weinbaubetrieb ▪ Betriebspersonal ▪ Rebenpflegepersonal ▪ Wartungspersonal

Nutzung	<p>Wirtschaftliche Verwaltung</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Finanzielle Überwachung (Einnahmen aus Stromverkauf, Amortisation, Rücklagen) Die finanziellen Aspekte der APA werden sorgfältig überwacht, einschliesslich der Einnahmen aus dem Stromverkauf, der Amortisationsfortschritte und der Bildung von Rücklagen für zukünftige Investitionen oder Reparaturen. Regelmässige Finanzberichte werden erstellt, um die wirtschaftliche Leistung der Anlage zu bewerten und strategische Entscheidungen zu unterstützen. ▪ Berichterstattung und Dokumentation (regelmässige Reports, Steuer- und Förderungsnachweise) Es werden regelmässige Berichte erstellt, die die wirtschaftliche Performance, die Einhaltung von Förderrichtlinien und steuerliche Aspekte dokumentieren. Diese Berichte dienen sowohl der internen Kontrolle als auch der Erfüllung externer Berichtspflichten gegenüber Behörden und Investoren. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ökologische Auswertung ▪ Sozioökonomische Studien ▪ Optimierungspläne ▪ Rückbaukonzept (falls erforderlich) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Agrar- und Energieunternehmen ▪ Stromabnehmer ▪ Bauunternehmen
	<p>Nachhaltigkeitsmanagement</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ökologische und soziale Evaluierung (Auswirkungen auf Tierwelt, Landschaftsbild, Akzeptanz) Regelmässige Untersuchungen zur ökologischen und sozialen Nachhaltigkeit der APA werden durchgeführt. Diese umfassen Analysen der Auswirkungen auf die lokale Fauna, das Landschaftsbild und die Akzeptanz in der Bevölkerung, um mögliche Verbesserungspotenziale zu identifizieren. ▪ Kontinuierliche Bewertung der Umweltauswirkungen und Anpassung der Massnahmen Die Umweltauswirkungen der Anlage werden fortlaufend bewertet und die Ergebnisse genutzt, um Schutzmassnahmen anzupassen und zu optimieren. Dies kann die Verfeinerung von Biodiversitätsförderungsmassnahmen oder die Anpassung der Anlagenkonfiguration zur Minimierung negativer Umwelteinflüsse beinhalten. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nachhaltigkeitsberichte ▪ Biodiversitätsmonitoring-Berichte ▪ Sozialverträglichkeitsstudien ▪ Anpassungsstrategie 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Behörden für regelmässige Überprüfungen ▪ Umwelt- und Naturschutz

Nutzung	<p>Langfristige Planung und Anlagenlebenszyklus</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Strategische Planung für zukünftige Erweiterungen oder Technologie-Upgrades Langfristige Strategien für die Weiterentwicklung der APA werden entwickelt, einschliesslich Plänen für potenzielle Erweiterungen oder die Integration neuer Technologien. Diese Planung berücksichtigt technologische Fortschritte, sich ändernde Marktbedingungen und Entwicklungen im Weinbausektor. ▪ Vorbereitung auf möglichen Rückbau der Anlage (falls erforderlich) Ein Konzept für den möglichen Rückbau der Anlage wird erstellt, das umweltfreundliche Demontagemethoden, Recyclingoptionen für die Anlagenkomponenten und die Wiederherstellung der ursprünglichen Weinbergstruktur berücksichtigt. Dies gewährleistet eine nachhaltige Endphase des Projekts, falls ein Rückbau erforderlich wird. ▪ Entwicklung von Konzepten für die Nachnutzung oder Wiederverwertung von Anlagenkomponenten Innovative Konzepte für die Nachnutzung oder das Recycling von Anlagenkomponenten werden entwickelt. Dies kann die Umnutzung von PV-Modulen für andere Anwendungen, die Wiederverwendung der Trägerkonstruktion oder die Entwicklung neuer Einsatzmöglichkeiten für ausgediente Komponenten umfassen. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Technologie-Roadmap ▪ Erweiterungsstudien ▪ Rückbau- und Recyclingkonzepte ▪ Zukunftsszenarien-Analysen ▪ Lebenszyklusanalysen 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Forscher und Wissenschaftler ▪ Öffentlichkeit ▪ lokale Gemeinschaft ▪ Besucher
---------	---	--	---

3.4 Umsetzungsort Schaffhausen (Projekt TRA)

Dokumentation

Die im Projekt TRA eingesetzten Prozesse und Vorgehensweisen werden im Hinblick auf die Erstellung eines Prozessablauf dokumentiert. Die laufend gewonnenen Erkenntnisse werden im Projekthandbuch festgehalten und sollen für die Prozessgestaltung berücksichtigt werden. Das Handbuch beinhaltet unter anderem einen Statusbericht zur aktuellen Situation des Projekts und aktuelle sowie bevorstehende Aktivitäten. Das Projekthandbuch sowie die Prozesse sollten erweiterbar sein, um Anpassungen an neue Anforderungen oder Technologien zu ermöglichen. Änderungen müssen möglich sein, allerdings unter Berücksichtigung eines kontrollierten Change-Managements (Änderungsmanagement) mit entsprechender Dokumentation und Rücksprache im Projektteam erfolgen. Prozessprolongationen (Verlängerungen) sollten dokumentiert sowie nahtlos und effizient implementiert werden, ohne das Projekt zu beeinträchtigen (Burghardt, 2018). Toleranzen sollten dabei akzeptiert werden, solange sie ebenfalls nicht die Gesamtleistung oder das Projektziel beeinträchtigen.

3.4.1 Initialisierung

Definition von Projektumfang und -zielen

Die Definition vom Projektumfang und den dazugehörigen Zielen, Problemstellung sowie mögliche Lösungsansätze wurden bereits im Kapitel *Material und Methode (2.3 Projekt Trasadingen)* ausführlich beschrieben. Diese wurden ebenfalls in der Disposition festgehalten und im Januar 2024 abgegeben.

Kick-Off Meeting und Grobplanung erstellen

Zur Anwesenheitsliste des Kick-Off Meetings zählten David Bucher als Projektleiter, der Verein Landenergie Schaffhausen als Auftraggeber und den Korrektoren der Bachelorarbeit von der ZHAW Wädenswil als interne Stakeholder. Das Meeting wurde vom Projektleiter organisiert und geleitet. Ziel war es, alle Beteiligten erstmals zusammenzubringen, das Projekt offiziell zu starten, Ziele und Erwartungen zu definieren, Rollen zuzuweisen sowie die ersten Schritte und das Vorgehen festzulegen. Die Agenda des Meetings umfasste folgenden Punkte (**Tabelle 7**):

Tabelle 7: Agenda Kick-Off Meeting Projekt TRA vom 27.02.2024.

#	Agenda
1	Ziele Kick-off Meeting
2	Vorstellung aller Beteiligten
3	Projektauftrag (Motivation & Nutzen des Projekts)
4	Umfang der BA & Projektziele
5	Projektorganisation (Rollen & Verantwortlichkeiten)
6	Zeitplan & Meilensteine
7	Methoden & Arbeitspakete
8	Regeln für Projektarbeit
9	Nächste Schritte
10	Fragen & Feedback

Die Bachelorarbeit soll die Untersuchung bestehender APA sowie die Planung und Implementierung einer solchen Anlage in Trasadingen umfassen, einschliesslich Betriebskonzept und Baugesuch. Des Weiteren lag ein grober Zeitplan von Februar bis April 2024 vor (**Abbildung 11**), mit Meilensteinen und Terminen wie die Parzellen-Besichtigung (**Tabelle 8**). Methoden und Arbeitspakete sollen Recherche, die Erstellung eines Projekthandbuchs inkl. Projektstatus, die Situationsanalyse und Öffentlichkeitsarbeit beinhalten. Beispiele aus dem Projekt TRA sind im [Anhang](#) zu finden. Weiter sollten die nächsten Schritte ergänzende Analysen und die Entwicklung von Lösungsansätzen umfassen. Die Präsentation endete mit einem Ausblick auf Fragen und Feedback, was einen interaktiven Projektansatz andeutete.

Im Kick-Meeting wurden erste Arbeitspakete definiert und ein grober Zeitplan mit Meilensteinen besprochen. Eine Projektvereinbarung wurde im Rahmen dieser Arbeit nicht abgeschlossen. Dies empfiehlt sich jedoch für zukünftige Projekte. Ein Beispiel dazu ist im [Anhang](#) abgelegt.

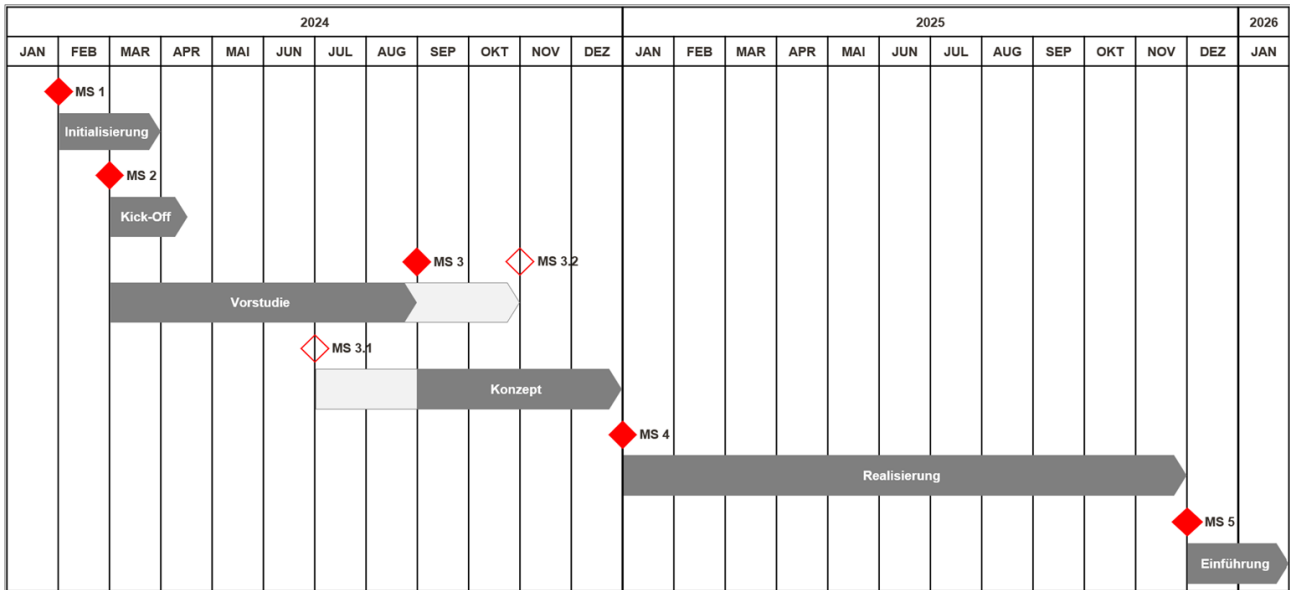


Abbildung 11: Zeitplan BA Agri-PV-Anlage Trasadingen. Stand: Oktober 2024.

Tabelle 8: Die definierten Meilensteine des Projekts TRA. Stand: Oktober 2024.

Meilensteine	Datum	Definition
◆ MS 1	27.02.2024	Initialisierung / Projektstart
◆ MS 2	01.03.2024	Kick-Off Meeting / Beginn Initialisierungsphase
◆ MS 3	01.09.2024	Ende Vorstudie / Beginn Konzeptphase
◇ MS 3.1	01.11.2024	Ende Vorstudie (gem. agilem Projektmanagement)
◇ MS 3.2	01.07.2024	Beginn Konzeptphase (gem. agilem Projektmanagement)
◆ MS 4	Januar 2025	Ende Konzeptphase / Einreichen Baugesuch
	09.01.2025	Abgabe Bachelorarbeit
◆ MS 5	Dezember 2025	Einführungsphase
	Sommer 2026	Baubeginn
◆ MS 6	Herbst 2026	Projektende

Grundidee ausarbeiten und Anforderungen ermitteln

Die Grundidee, Problemstellung sowie mögliche Lösungsansätze wurden bereits im Kapitel *Material und Methode (2.3 Projekt Trasadingen)* ausführlich beschrieben. Diese wurde im Rahmen der Bachelorarbeit in Form einer Disposition festgehalten und im Januar 2024 unterzeichnet.

Projektteam aufstellen

Es ist von entscheidender Bedeutung, zu Beginn ein Projektteam definieren sowie erste Zuständigkeiten zu verteilen und dies entsprechend zu dokumentieren. Im Projekt TRA wurde dies im ersten Meeting (Kick-Off-Meeting) umgesetzt und ein Projektorganigramm ist in **Abbildung 12** dargestellt.

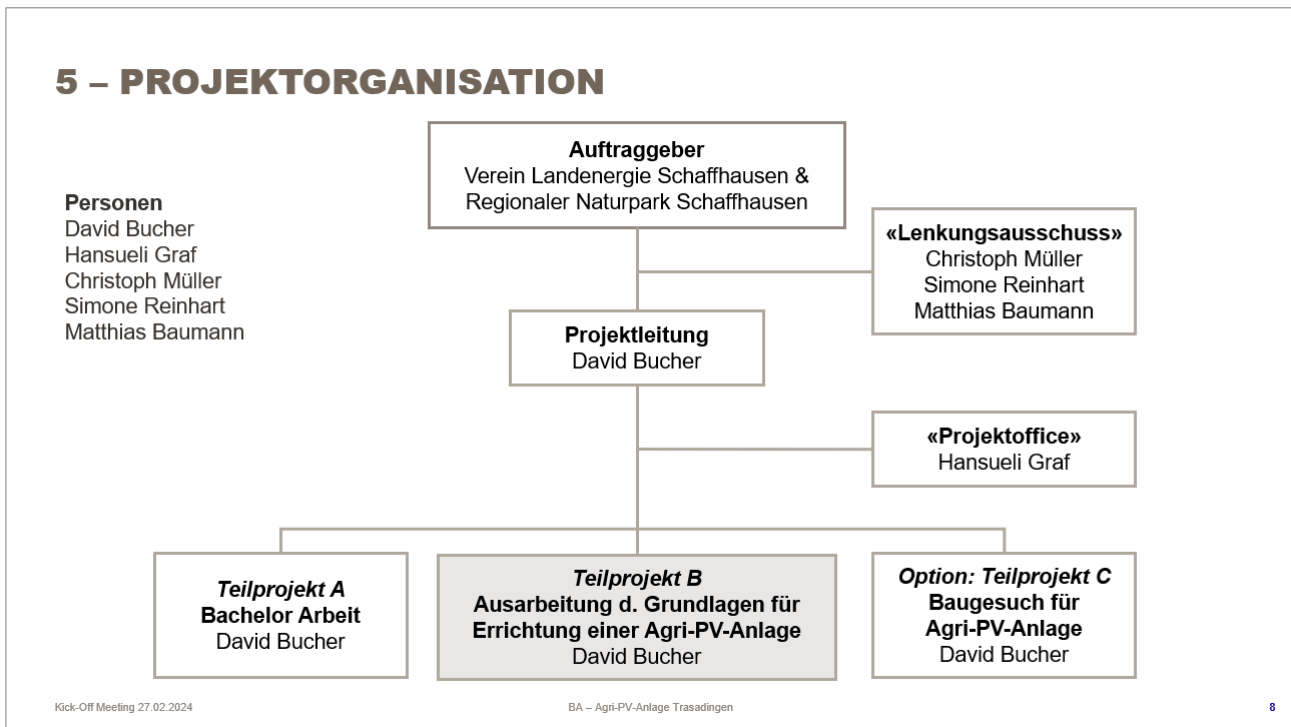


Abbildung 12: Die Projektorganisation für das Projekt TRA. Auszug aus PPP Kick-off Meeting 27.02.2024.

Stakeholderidentifikation und -analyse

In der Initialisierungsphase des Projekts wurden die relevanten Stakeholder identifiziert. Mittels einer Tabellenmatrix wurde jeder Stakeholder bezüglich Interessen und Einfluss auf einer Skala von 1 bis 4 bewertet. Diese Bewertung führte zu einer Kategorisierung der Stakeholder hinsichtlich des Handlungsbedarfs. Entsprechend ihrer Kategorisierung wurden die Stakeholder vom Projektteam geführt. Im [Anhang](#) ist die initiale Stakeholderanalyse des Projekts TRA abgelegt.

Umfeld analysieren und Risiken identifizieren

Einen Teil der Umfeldanalyse wurde bereits mit der Stakeholderanalyse erarbeitet. Weitere Daten wurden im Dokument „Wichtige Projektinformationen“ dokumentiert und bewertet.

In **Abbildung 13** sind externe und interne Faktoren abgebildet, welche für das Projekt TRA beeinflussen könnten. Mit diesen Erkenntnissen konnte z. B. die Verfügbarkeiten der Projektmitglieder als potenzielles Risiko identifiziert werden, welches der Zeitplan des Projekts sowie die Kommunikation im Team erschweren könnte.

	Sachliche Faktoren	Soziale Faktoren
Intern	<ul style="list-style-type: none"> • Budgetrahmen • Vorhandene Technik • Vorhandene Infrastruktur • Organisation • Verfügbarkeiten 	<ul style="list-style-type: none"> • Auftraggeber • Betreiber der Anlage • Vereine • Projektteam • Nachbarn • Netzwerk • Stromabnehmer
Extern	<ul style="list-style-type: none"> • Normen und Standards • Politische Prozesse • Gesetze und Richtlinien 	<ul style="list-style-type: none"> • Partner • Lieferanten • Medien • Ämter • Politiker • Öffentlichkeit

Abbildung 13: Umfeldanalyse des Projekt TRA. Auszug aus dem Word-Dokument „Umfeldanalyse“

Um die Erfolgchancen zu steigern, hat das Projektteam frühzeitig und aktiv den Austausch mit den relevanten Stakeholdern gesucht, wodurch unvorhergesehene Überraschungen vermieden werden konnten. Gleichzeitig wurden gesetzliche Vorgaben und Einschränkungen kontinuierlich erfasst und dokumentiert.

Punkte, die im Projekt TRA nicht umgesetzt wurden, jedoch für zukünftige Projekte berücksichtigt werden sollten, sind folgende:

- Risikoanalyse (analog Stakeholderanalyse): grosse Risiken erkennen
- Strategieentwicklung: Nutzung der gewonnenen Erkenntnisse zur Optimierung von Einflüssen und Anpassung des Projektplans an die Umfeldbedingungen
- Analyse des Umfelds: Für ein Agri-PV Projekt bietet sich die PESTEL-Analyse an. Diese Methode berücksichtigt politische, wirtschaftliche, soziale, technologische, ökologische sowie rechtliche Faktoren

Wirtschaftlichkeit schätzen und erste Machbarkeitsbewertung

Die oberste Priorität lag nicht auf der Wirtschaftlichkeit, sondern auf der Nachhaltigkeit, verbunden mit einem ausgeprägten Pioniergeist und einem forschungsorientierten Ansatz. Daher wurde die Wirtschaftlichkeitsprüfung für das Projekt TRA in vereinfachter Form vorgenommen. So wurden lediglich grobe Annahmen zu Kosten sowie Nutzen und Risiken diskutiert, jedoch nicht festgehalten. Die grundsätzliche Frage, ob es sich lohnt, an diesem Punkt das Projekt weiterzuverfolgen, wurde nicht thematisiert, da das Projekt im Rahmen der Bachelorarbeit ohnehin bis zur Konzeptphase entwickelt wird. Die Umsetzung des Projekts im geplanten Rebberg wurde aufgrund verschiedener unterstützender Faktoren als sinnvoll bewertet. Zusätzlich konnten passende Investoren und Förderprogramme identifiziert werden.

Die Bewertung der Machbarkeit wurde für dieses Projekte verzichtet. Sinnvollerweise sollte dies in der Initialisierungsphase erfolgen, um allenfalls Anpassungen vornehmen zu können. Die Machbarkeit dieses Projekts wird im Kapitel *Vorstudie (Vorstudie*

Durchführung einer detaillierten Machbarkeit) genauer beschrieben.

3.4.2 Vorstudie

Durchführung einer detaillierten Machbarkeit

Aufgrund der hohen Kosten der Machbarkeitsstudie, wurde am 19.07.2024 vorerst eine Offerte beantragt, welche am 27.09.2024 ausgestellt wurde (Dokument: Offerte Begleitforschung Agri-Photovoltaik Weinrebe Trasadingen).

Eine Zusammenfassung des Inhalts wird im Folgenden dargestellt:

Die Offerte der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW) bezieht sich auf eine Begleitforschung zur APA über Weinreben in Trasadingen, Kanton Schaffhausen. Das Ziel der APA ist die Integration von Lebensmittelproduktion und Energieerzeugung, um Vorteile für die Landwirtschaft, Wirtschaft und Umwelt zu erzielen. Dies umfasst den Schutz der Pflanzen vor Trockenheit, Hitzestress, Hagel und Starkregen sowie eine verbesserte Wassernutzungseffizienz durch die Beschattung. (Schumacher & Baumann, 2024)

Im Rahmen des Projekts werden verschiedene Parameter wie Erntequalität, Pflanzenwachstum und Wasserstress über einen Zeitraum von mindestens drei Jahren dokumentiert. Es wird ein Vergleich zwischen den Reben unter PV-Modulen und einer Kontrollfläche durchgeführt. Ein weiterer Fokus liegt auf der Untersuchung von Krankheiten wie dem Befall durch Mehltau. Die Ergebnisse sollen Aufschluss darüber geben, wie die APA das Mikroklima und die Weinqualität beeinflusst. (Schumacher & Baumann, 2024)

Die Begleitforschung umfasst u. a. die Erstellung eines Forschungskonzepts, die Datenerhebung und Datenanalyse sowie jährliche Berichte über drei Jahre. Die Ergebnisse werden in Zusammenarbeit mit den lokalen Winzern erarbeitet und analysiert, um die Auswirkungen auf die Weinreben zu evaluieren. (Schumacher & Baumann, 2024)

In ihrer Offerte unterstreicht die ZHAW ihre langjährige Expertise im Bereich Agri-PV und verweist auf das umfangreiche Netzwerk, das sie über die Jahre etabliert hat.

Technische Vorplanung

Die Technische Vorplanung für das Projekt TRA ist noch nicht abgeschlossen. Bisher wurden zwei Offerten für das Anlagedesign beantragt und ausgestellt. Da die Kosten der beiden Offerten jedoch weit auseinanderliegen, wurde eine dritte Offerte beantragt, welche das Projektteam bisher noch nicht erhalten hat (Stand: Januar 2025).

Aufgrund von Datenschutzgründen werden die Offerten in dieser Arbeit nicht veröffentlicht. Stattdessen wird in **Tabelle 9** eine Zusammenfassung der wesentlichen Vor- und Nachteile präsentiert.

Tabelle 9: Schwerpunkte der beiden eingegangenen Offerten. Eine dritte Offerte ist ausstehend.

Offerte	Vorteile	Nachteile
Offerte 1	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ökologisch ▪ Lokale Wertschöpfung ▪ Statik und Stabilität 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kostenintensiv
Offerte 2	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kostengünstig 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Betonfundamente ▪ Auslandunternehmen
Offerte 3	<ul style="list-style-type: none"> ▪ n/a 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ n/a

Weitere Ideen des Projektteams, welche nach dem Eingang der Offerten besprochen wurden.

- **Optimierte Abstützung der Konstruktion:** Die Strukturstützen werden nur bei jeder fünften Rebzeile platziert. Diese Anordnung minimiert potenzielle Einschränkungen bei maschinellen Einsätzen und reduziert den Bedarf an manueller Pflege. Durch die geringere Anzahl an Stützen wird der Mehraufwand begrenzt, der sonst durch Behinderungen der maschinellen Bearbeitung entstehen könnte.
- **Ökologische Streifen anstelle von Rebzeilen:** Die Idee besteht darin, jede fünfte Reihe, sofern statisch möglich, nicht mit Reben zu bepflanzen. Stattdessen sollen diese Reihen als ökologische Ausgleichs- oder Biodiversitätsflächen gestaltet werden, wodurch sie gleichzeitig als Abstützung für die Konstruktion dienen.

Ökologische und umweltrechtliche Prüfung

Aufgrund der Expertise des Projektteams, wurde auf eine externe Prüfung verzichtet. Die ökologische und umweltrechtliche Beurteilung wurde im Rahmen des Projekts nur geschätzt, wobei die organisatorischen Schaffhauser Einheiten PNA der Energiefachstelle und dem Landwirtschaftsamt (LA) als Stakeholder anwesend waren. Dabei wurden für das geplante Projekt keine einschränkenden Faktoren dokumentiert (vgl. *Rechtliche Aspekte*).

Standortanalyse

Einen Teil der Standortanalyse (Bestandteil der Umfeldanalyse) wurde bereits im Kapitel *Material und Methode (2.3 Projekt Trasadingen)* beschrieben. Da die betreffende Fläche an einem bekannten Standort liegt, wurde die Standortanalyse vereinfacht durchgeführt und im Dokument „Wichtige Projektinformationen“ festgehalten. Aus Datenschutzgründen wird dieses Dokument nicht veröffentlicht.

Eine Bodenprobe wurde bisher nicht entnommen. Diese sollte vor der Beantragung einer Offerte für die Anlagekonstruktion initiiert werden.

Tabelle 10: Die aufgelisteten Punkte wurden im Rahmen einer vereinfachten Standortanalyse thematisiert und im Dokument „Wichtige Projektinformationen“ festgehalten. Nicht alle der thematisierten Punkte wurden dokumentiert.

Vereinfachte Standortanalyse	
Geografische Lage und Topografie	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ausrichtung der Rebflächen (Durchschnittliche Hangneigung ca. 15 Grad, fallend in Richtung SSO) ▪ Höhenlage 430 m ü. M.
Sonneneinstrahlung und Verschattung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Analyse von Jahres- und Tagesverlauf der Sonneneinstrahlung

Vereinfachte Standortanalyse	
	<ul style="list-style-type: none"> Keine Verschattung durch nahegelegene Gebäude, Bäume oder andere Topografie
Bodenbeschaffenheit und -nutzung	<ul style="list-style-type: none"> Rebbau, keine Erosion, Verdichtung nicht vorhanden ausser auf den Fahrgassen Bodenprobe ausstehend (Stand: Januar 2025)
Klimatische Bedingungen	<ul style="list-style-type: none"> Niederschlagsmengen, Temperaturverläufe und Windintensität. Risiko von Hagel, Frost und Starkregen Mikroklima analysiert
Wasserverfügbarkeit	<ul style="list-style-type: none"> Vorhanden
Weinbauliche Aspekte	<ul style="list-style-type: none"> Rebsorte: Pinot Noir
Technische Infrastruktur	<ul style="list-style-type: none"> Stromnetzanschluss, Einspeisemöglichkeiten und Netzkapazitäten vorhanden: Trafostation ca. 50 m entfernt, private Nutzung und Einspeisemöglichkeit ca. 30 m entfernt Erreichbarkeit für Bau- und Wartungsfahrzeuge: Industriezone mit entsprechenden Wegen und Zufahrten für schwere Transporte
Genehmigungsrechtliche Anforderungen	<ul style="list-style-type: none"> Zonen- und Nutzungsplan, Baurechtliche Vorschriften sowie Agrar- und Naturschutzbestimmungen, Landschaftsschutz, Denkmalschutz analysiert Keine Einschränkungen!
Finanzierung	<ul style="list-style-type: none"> Privater Investor, Subventionen teilweise gesprochen

Rechtliche und raumplanerische Rahmenbedingungen prüfen

Die für das Projekt TRA relevante Prüfung wurde in den Kapiteln *Rechtliche Aspekte* und *Raumplanerische Aspekte* beschrieben. Die raumplanerischen Rahmenbedingungen wurden in Zusammenarbeit mit dem PNA, der Energiefachstelle und dem LA erarbeitet. Dafür wurde das Flussdiagramm *Standortgebundenheit und Interessenabwägung* entwickelt.

Basierend dieser Prüfung dürfte einer positiven Interessensabwägung nichts im Wege stehen, und die Erteilung einer Bewilligung scheint naheliegend.

Risikoanalyse erstellen

Eine Risikoanalyse wurde während der Vorstudie des Projekts nicht durchgeführt. Ursprünglich war eine Tabellenmatrix (analog zur Stakeholderanalyse) vorgesehen, die die Bedeutung der Risiken basierend auf der Beurteilung von Wahrscheinlichkeit und Auswirkung sichtbar gemacht hätte. Diese Matrix wurde nach der initialen Erstellung wieder verworfen, da der Nutzen gegenüber Aufwand als zu gering eingeschätzt wurde. Das Projektteam hat beschlossen, die identifizierten Risiken aus der Initialisierungsphase für die Fortsetzung des Projekts zu übernehmen. Eine ausführliche Risikoanalyse ist für zukünftige Projekte unabdingbar, da sie massgeblich die Fortführung und strategische Ausrichtung des Projekts beeinflusst.

Umwelt- und Naturschutzkonzept

Eine konkrete Idee zur Förderung der Biodiversität und ökologischen Gestaltung des Projekts ist die Anlage von Ökostreifen. Diese könnten anstelle von Rebzeilen geplant werden, sofern es aus statischer Sicht möglich ist, die APA nur in jeder fünften Reihe abzustützen. Die so gewonnenen Flächen würden nicht mit Reben bepflanzt, sondern als ökologische Ausgleichsflächen genutzt.

Diese Flächen könnten beispielsweise mit standortgerechten Wildblumen und Gräsern bepflanzt werden, um Lebensräume für Bestäuberinsekten und andere Tiere zu schaffen.

Eine UVP muss für dieses Projekt nicht durchgeführt werden, da die maximale Leistung unter 5 MW liegt.

Wirtschaftlichkeit prüfen und Finanzierungsplan erstellen

Analog zur Initialisierungsphase wurde auch in der Vorstudie die Wirtschaftlichkeit für das Projekt TRA nicht detailliert behandelt (vgl. Umfeld analysieren und Risiken identifizieren)

Einen Teil der Umfeldanalyse wurde bereits mit der Stakeholderanalyse erarbeitet. Weitere Daten wurden im Dokument „Wichtige Projektinformationen“ dokumentiert und bewertet.

In **Abbildung 13** sind externe und interne Faktoren abgebildet, welche für das Projekt TRA beeinflussen könnten. Mit diesen Erkenntnissen konnte z. B. die Verfügbarkeiten der Projektmitglieder als potenzielles Risiko identifiziert werden, welches der Zeitplan des Projekts sowie die Kommunikation im Team erschweren könnte.

	Sachliche Faktoren	Soziale Faktoren
Intern	<ul style="list-style-type: none"> • Budgetrahmen • Vorhandene Technik • Vorhandene Infrastruktur • Organisation • Verfügbarkeiten 	<ul style="list-style-type: none"> • Auftraggeber • Betreiber der Anlage • Vereine • Projektteam • Nachbarn • Netzwerk • Stromabnehmer
Extern	<ul style="list-style-type: none"> • Normen und Standards • Politische Prozesse • Gesetze und Richtlinien 	<ul style="list-style-type: none"> • Partner • Lieferanten • Medien • Ämter • Politiker • Öffentlichkeit

Abbildung 13: Umfeldanalyse des Projekt TRA. Auszug aus dem Word-Dokument „Umfeldanalyse“

Um die Erfolgchancen zu steigern, hat das Projektteam frühzeitig und aktiv den Austausch mit den relevanten Stakeholdern gesucht, wodurch unvorhergesehene Überraschungen vermieden werden konnten. Gleichzeitig wurden gesetzliche Vorgaben und Einschränkungen kontinuierlich erfasst und dokumentiert.

Punkte, die im Projekt TRA nicht umgesetzt wurden, jedoch für zukünftige Projekte berücksichtigt werden sollten, sind folgende:

- Risikoanalyse (analog Stakeholderanalyse): grosse Risiken erkennen
- Strategieentwicklung: Nutzung der gewonnenen Erkenntnisse zur Optimierung von Einflüssen und Anpassung des Projektplans an die Umfeldbedingungen

- Analyse des Umfelds: Für ein Agri-PV Projekt bietet sich die PESTEL-Analyse an. Diese Methode berücksichtigt politische, wirtschaftliche, soziale, technologische, ökologische sowie rechtliche Faktoren

Wirtschaftlichkeit schätzen und erste Machbarkeitsbewertung). Folglich wurde für das Projekt keine Budgetplanung erstellt. Für zukünftige Projekte ist eine solche Planung jedoch unabdingbar. Die identifizierten Hauptkosten des Projekts TRA liegen beim Bau der APA. Ein weiterer wesentlicher Kostenpunkt ist die dreijährige Begleitforschung der ZHAW (*Vorstudie*

Durchführung einer detaillierten Machbarkeit). Um die in der Initialisierungsphase identifizierten Fördergelder beanspruchen zu können, wurden die zu erfüllenden Kriterien herausgesucht und analysiert.

Finanzierungsplan

Bisher wurde keine detaillierte Budgetplanung erstellt da die Fördermittel noch ungeklärt sind. Dennoch gibt es erste mündliche Zusagen bezüglich Fördergelder, und einige Kostenpunkte aus den Offerten und der Begleitforschung sind bereits bekannt. Die nächsten Schritte beinhalten die vollständige Erstellung eines Budgetplans, die Konkretisierung der Fördermittel sowie die Entwicklung eines ersten Finanzierungsmodells.

Stakeholder-Konsultation

Bereits Im Rahmen des ersten Zusammenkommens vor Ort in Trasadingen, im April 2024, wurden die wichtigsten Stakeholder eingeladen. So waren Nachbarn, der Parzellenbesitzer, der Kunde (Stromabnehmer), ein Vertreter der Energiefachstelle Schaffhausen, der lokalen Metallbau Firma sowie das ganze Projektteam anwesend. In den vergangenen Monaten war ein Vertreter der Projektleitung regelmässig mit den genannten Stakeholdern in Kontakt.

Kommunikations- und Beteiligungsstrategie

Für das Projekt wurden kein solchen Strategien erarbeitet, da die Projektleitung in der Region gut vernetzt ist. Dennoch könnten Informationsveranstaltungen bei der Gemeindeversammlung zur Projektvorstellung und Transparenz beitragen. Ergänzend könnte eine Projektwebsite und eine Anlaufstelle für Fragen eingerichtet werden. Aktive Pressearbeit würde dazu beitragen, das Projekt positiv in den lokalen Medien zu positionieren

Vorbereitung der Grundlage für das Konzept

Im November 2024 wurde im Rahmen des Projekts ein Projektbeschrieb erstellt, der die zentralen Informationen aus dem Projektjournal zusammenfasst. Dieser Beschrieb wurde im Dezember 2024 im Kontext des Stakeholder-Managements veröffentlicht und ist im [Anhang](#) abgelegt. Weitere Zusammenfassungen relevanter Informationen oder Synthesen von Analyseergebnissen wurden nicht erstellt.

3.4.3 Konzept

Technische Spezifikationen und ökologische Evaluierung

Der aktuelle Status zeigt, dass bereits zwei detaillierte Offerten für das Anlagendesign, einschliesslich der PV-Module, eingeholt wurden. Eine Entscheidung konnte noch nicht getroffen werden, da auf eine dritte Offerte gewartet wird. Bis diese vorliegt, können zu den geplanten

technischen Spezifikationen und Integrationsstrategien keine abschliessenden Aussagen gemacht werden. Im Rahmen der bisherigen Planung wurde von einem nachführbaren System aus Kostengründen abgesehen und nicht in der aktuellen Arbeit berücksichtigt. Für zukünftige Projekte ist es von Relevanz, ein solches System in Erwägung zu ziehen, um die Effizienz und Anpassungsfähigkeit der Anlage weiter zu optimieren.

Für die Netzeinspeisung wurden zwei Optionen identifiziert: Eine private Variante, bei der der Strom primär für den Eigenverbrauch genutzt wird und nur der Überschuss ins Netz eingespeist wird, sowie eine öffentliche Variante, bei der die gesamte Produktion direkt an das Energiewerk geliefert wird. Welche Option gewählt wird, hängt davon ab, ob die Anlage als Forschungs- oder Privatprojekt realisiert wird.

Untersuchungen zum Mikroklima und zur sind noch ausstehend. Hier wurde zunächst auf Ergebnisse aus anderen Projekten zurückgegriffen. Sobald alle Offerten vorliegen und eine endgültige Entscheidung getroffen wurde, können die nächsten Schritte konkreter geplant und umgesetzt werden.

Wirtschaftlichkeitsanalyse

Für das Projekt wurde bisher keine Wirtschaftlichkeitsanalyse durchgeführt. Grundlage hierfür sollte eine Machbarkeitsstudie sein, die die technische und wirtschaftliche Realisierbarkeit prüft. Ziel ist es, ein tragfähiges Konzept zu entwickeln, das alle Kosten und Nutzen berücksichtigt, einschliesslich Szenarien wie Best- und Worst-Case. Ergänzend sind Strompreisszenarien notwendig, um die optimale Finanzierung zu ermitteln und die Wirtschaftlichkeit nachhaltig zu sichern. Potenzielle negative Einflüsse auf den Weinbau, wie Ernteverluste, Qualitätseinbussen oder erhöhter Pflegeaufwand, müssen ebenfalls in die Analyse einfließen.

Projekt-Resilienz entwickeln

Die Projektleitung ist lokal gut vernetzt, was in der Vergangenheit zu einer erfolgreichen Zusammenarbeit mit Stakeholdern beigetragen hat und weiterhin den Projekterfolg fördern wird. Relevante Behörden wurden frühzeitig eingebunden, und die Akzeptanz bei Gemeinde und Anwohnern wurde durch transparente Kommunikation gestärkt. Ergänzend würde ein Risikomanagementplan unterstützend wirken, der potenziellen Herausforderungen, wie beispielsweise einem Rückzug von zugesagten Fördergeldern, frühzeitig entgegenwirkt.

Rechtliche und administrative Planung

Mit geplanter Einreichung des Baugesuchs bis Januar 2025 hat die Fertigstellung und Prüfung der Unterlagen für das Genehmigungsverfahren Priorität. Während die Eigentumsrechte geklärt sind, müssen die Nutzungsrechte noch verbindlich geregelt werden. Obwohl keine Bau- und Umweltauflagen erwartet werden, bedarf es einer formalen Bestätigung durch die Behörden (Gemeinde Trasadingen, 2023). Mündliche Vereinbarungen mit Landbesitzern, Energieunternehmen und Investoren sollten schriftlich abgeschlossen werden.

Erstellung des finalen, detaillierten Projektplans

Für das Projekt TRA wurde bisher noch kein finaler Projektplan erstellt. Hier empfiehlt sich die Planung des weiteren Vorgehens mit einem detaillierten Projektstrukturplan, der Meilensteine für die Realisierungsphase und Fristen für Genehmigungen und Förderprogramme für die Gewährleistung

einer realistischen Umsetzung. Der Gesamtplan soll die PV-Modulplanung, die Auswahl eines stabilen und bodenschonenden Befestigungssystems sowie konkrete Verkabelung beinhalten.

Abschliessend zur Konzeptphase soll eine Qualitätsprüfung des Plans erfolgen und dessen Freigabe aller relevanten Stakeholder (Winzer, Parzellenbesitzer, Stromabnehmer, Nachbarn, Gemeinde Schaffhausen) sicherstellen. Dieses strukturierte Vorgehen schafft die Basis für eine effiziente und erfolgreiche Umsetzung.

Bewilligungsverfahren

Die erforderlichen Unterlagen für das Baugesuch des Projekts TRA wurden bislang noch nicht erstellt oder bearbeitet. Die Bearbeitung ist für Januar 2025 geplant. Die Gemeinde Trasadingen stellt eine Checkliste für die Einreichung von Baugesuchen bereit, die auch für das Projekt TRA verwendet wird. (Gemeinde Trasadingen, 2023)

3.4.4 Realisierung

Die Realisierungsphase beginnt nach der positiven Bewilligung des Baugesuchs und ist nicht Bestandteil der Bachelorarbeit, wie bereits im Kapitel *Material und Methode (2.3.4 Umsetzung)* erwähnt. Dabei soll der Baubeginn im Herbst 2025 stattfinden.

3.4.5 Einführung

Die Einführungsphase ist im Dezember 2025 geplant und ist ebenfalls nicht mehr Teil der Bachelorarbeit.

3.4.6 Nutzung

Die Nutzungsphase ist im Frühjahr 2026 geplant. Wie die Einführung ist auch die Nutzung nicht Teil der Bachelorarbeit und ist noch nicht weiter ausgearbeitet. Folgende Punkte sollten bei der Planung der Nutzungsphase berücksichtigt werden:

Betrieb, Wartung, finanzielle Überwachung und Performance Monitoring muss durch den Betreiber organisiert werden. Die Weiterentwicklung und Skalierung hängen von den finanziellen Mitteln ab und sind derzeit noch nicht geklärt. Die ökologische und soziale Evaluierung könnte mittels Forschungskonzept der ZHAW Wädenswil abgedeckt werden. Dieses Konzept sollte die Berichterstattung und Dokumentation von Forschungsergebnissen beinhalten.

4 Diskussion

Agri-PV im Weinbau adressiert den Konflikt zwischen Energieproduktion und Landwirtschaft durch die gleichzeitige Nutzung von Flächen. Durch die Analyse und Dokumentation des Implementierungsprozesses einer APA leistet diese Arbeit einen wichtigen Beitrag zur praktischen Anwendbarkeit von Agri-PV im Weinbau und schafft eine solide Grundlage für zukünftige Projekte in diesem Bereich.

4.1 Fazit

4.1.1 Literaturrecherche

Die Integration von Agri-PV in den Weinbau zeigt sich als ein innovatives und vielversprechendes Konzept, das die Potenziale nachhaltiger Energieerzeugung mit den Anforderungen der Weinproduktion synergetisch verbindet. Diese Technologie verspricht eine Antwort auf multiple Herausforderungen zu geben, mit denen sich der Weinbau im 21. Jahrhundert konfrontiert sieht – vom Klimawandel über Ressourceneffizienz bis hin zur ökonomischen Diversifizierung (Weselek et al., 2019). Der **Jahresbericht zur VINO PV Anlage am Tuniberg** untermauert die Aussage zum Potenzial. Aus diesem Bericht geht hervor, dass die PV-Anlage erhebliche Vorteile für den Weinbau in der Region bringt. Die Anlage schützt die Reben wirksam vor Sonnenbrand, verbessert die Wassereffizienz und sorgt für eine langsamere Reife der Trauben, was zu besseren Oechsle-Werten führt und die Weinqualität steigert. Messwerte wie pH-Wert und Säuregehalt bleiben stabil, und das Wachstum der Beeren ist kräftig. (Gimbel, 2023)

Ökologische Aspekte

Im Bereich der ökologischen Aspekte zeigt die Implementierung von APA in Weinbergen grosse Potenziale. Die Integration von PV-Modulen über den Rebzeilen schafft ein verändertes Mikroklima, das mehrere positive Effekte mit sich bringt. Primär führt die partielle Beschattung zu einer Reduktion der Verdunstung, was in einer signifikanten Verbesserung der Wassernutzungseffizienz resultiert. Dies ist insbesondere in Anbetracht zunehmender Trockenperioden von grosser Bedeutung für die Nachhaltigkeit des Weinbaus (Rodriguez, 2021). Darüber hinaus bieten die PV-Module einen effektiven Schutzschild gegen extreme Wetterereignisse wie Hagel oder intensive Sonneneinstrahlung, was zur Ertragssicherheit beiträgt und den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln um bis zu 30% reduzieren kann (Gimbel, 2023). Die Etablierung eines ausgeglicheneren und stabileren Mikroklimas unter den Modulen birgt das Potenzial, kann zudem positive Auswirkungen auf die Biodiversität haben, indem es Lebensräume für verschiedene Arten schafft oder erhält.

Durch die Überdachung mit Modulen und die resultierende Umleitung von Niederschlägen bleiben die Reben tendenziell trockener, was zu einem geringeren Mehltaudruck führt. Die Beschattung von Reben und Boden resultiert in einem stabileren Mikroklima, wodurch die Verdunstung reduziert und das Austrocknen des Oberbodens verlangsamt wird. Folglich sinkt der Bewässerungsbedarf, und durch zusätzliche Bodenmanagementmassnahmen, wie beispielsweise den Einsatz von Bodendeckerpflanzen, kann die Wasserspeicherung weiter optimiert werden. (Rodriguez, 2021)

Ökonomische Aspekte

Bei der Integration einer APA nimmt das Lichtmanagement eine Schlüsselrolle ein. Forschungsergebnisse zeigen, dass die gezielte Beschattung ein zentrales Instrument zur Steuerung von Mikroklima, Wasserhaushalt und Traubenqualität darstellt (Lu et al., 2021). Die Herausforderung liegt in der präzisen Dosierung: Unzureichende Beschattung kann zu Hitzestress und Qualitätseinbussen führen, während übermässiger Schatten die Reife und Farbentwicklung beeinträchtigen kann (Hochschule Geisenheim, 2024; Weselek et al., 2019). Diese flexible Handhabung von verstellbaren PV-Modulen ermöglicht nicht nur die gezielte Beeinflussung des Reifezeitpunkts, sondern unterstützt auch die Entwicklung der gewünschten Weincharakteristik, indem beispielsweise Zuckerbildung und Säurehaushalt in einem ausgewogenen Verhältnis gehalten werden (Deloire et al., 2005). Somit erweist sich die Beschattung im Weinbau nicht nur als Schutzmassnahme gegen Extremwetterereignisse, sondern auch als effektive Strategie zur gezielten Steuerung von Traubenqualität, Aromaprofil und Weinstruktur (Hochschule Geisenheim, 2024; Weselek et al., 2019).

Aus ökonomischer Sicht bietet Agri-PV im Weinbau ein beachtliches Potenzial zur Diversifizierung und Stabilisierung des betrieblichen Einkommens. Die Doppelnutzung der Flächen für Weinbau und Energieproduktion kann die Landnutzungseffizienz um bis zu 60% steigern, ein signifikanter Wert in Zeiten zunehmender Flächenkonkurrenz (Jäger & Anderegg, 2023). Die zusätzlichen Einnahmen aus der Stromproduktion können als wirtschaftlicher Puffer fungieren und die oft volatilen Erträge aus dem Weinbau ausgleichen. Von besonderem Interesse ist das Potenzial zur qualitativen Verbesserung der Weinproduktion durch präzises Lichtmanagement. Die Möglichkeit, den Beschattungsgrad dynamisch zu regulieren, erlaubt es Winzern, die Reifeprozesse der Trauben exakter zu steuern und somit flexibel auf sich ändernde klimatische Bedingungen zu reagieren (Deloire et al., 2005).

Nicht zu vernachlässigen sind auch die verbesserten Arbeitsbedingungen während der Rebenpflege und der Ernte, die sich positiv auf die Arbeitseffizienz und -zufriedenheit auswirken können. Dennoch stellen die hohen Initialinvestitionen und die längeren Amortisationszeiträume bedeutende Herausforderungen dar, die eine sorgfältige wirtschaftliche Planung und möglicherweise innovative Finanzierungsmodelle erfordern.

Soziale Aspekte

Die sozialen Auswirkungen von Agri-PV im Weinbau sind unterschiedlich und bedürfen einer differenzierten Betrachtung. Einerseits bietet diese Technologie die Chance, das Image des Weinbaus als innovative und nachhaltige Branche zu stärken. Die sichtbare Verbindung von traditioneller Landwirtschaft mit moderner Energietechnik kann als Symbol für zukunftsorientiertes Handeln wahrgenommen werden. Andererseits besteht die Gefahr, dass die Veränderung des traditionellen Landschaftsbildes auf Widerstand in der lokalen Bevölkerung stösst. Um die gesellschaftliche Akzeptanz zu fördern, ist eine frühzeitige, transparente und partizipative Kommunikationsstrategie unerlässlich. Diese sollte alle relevanten Stakeholder einbeziehen und die Chancen für regionale Wertschöpfung und lokale Einbindung hervorheben (Sun'Agri, 2021). Die Entwicklung von Agri-PV-Projekten kann als Katalysator für gemeinschaftliches Engagement dienen und neue Formen der Zusammenarbeit zwischen Winzern, Energieversorgern und lokalen Gemeinschaften initiieren.

Rechtliche Aspekte

Im Hinblick auf die rechtlichen Rahmenbedingungen bewegt sich die Implementierung von Agri-PV im Weinbau in einem komplexen Gefüge aus Bau-, Umwelt-, Landwirtschafts- und Energierecht. Die Herausforderung besteht darin, diese verschiedenen Rechtsbereiche kohärent zu integrieren und klare Richtlinien für die Planung und den Betrieb von APA zu schaffen. Von besonderer Bedeutung sind hierbei die Regelungen zur Doppelnutzung landwirtschaftlicher Flächen. Die Verknüpfung von Direktzahlungen mit ökologischen Leistungsnachweisen bietet Anreize für eine nachhaltige Integration von Agri-PV, erfordert aber auch eine sorgfältige Ausgestaltung, um Missbrauch zu verhindern und die primäre landwirtschaftliche Nutzung sicherzustellen. Die Entwicklung einheitlicher Standards und Leitlinien durch die zuständigen Bundesämter kann wesentlich dazu beitragen, Planungssicherheit zu schaffen und Genehmigungsverfahren zu vereinfachen.

Grundsätzlich zeigt sich, dass ein ausgewogenes Zusammenspiel zwischen regulatorischen Vorgaben, technischer Machbarkeit und ökologischen Zielsetzungen entscheidend für die erfolgreiche Umsetzung von Agri-PV-Projekten ist. Die rechtlichen Rahmenbedingungen müssen dabei flexibel genug sein, um innovative Lösungen zu ermöglichen, gleichzeitig aber auch streng genug, um die vielfältigen Interessen des Landschaftsschutzes, der Landwirtschaft und der Energiegewinnung in Einklang zu bringen.

Raumplanerische Aspekte

Die Integration einer APA im Weinbaugebiet stellt aus raumplanerischer Sicht eine zentrale Herausforderung dar, insbesondere in einem landschaftlich sensiblen Kontext wie der Schweiz. Die ästhetische Integration der Anlage in die Kulturlandschaft und touristisch wertvolle Weinbaulandschaften erfordert ein hohes Mass an Sensibilität und planerischem Geschick. Es gilt, innovative Lösungen zu entwickeln, die die Funktionalität der PV-Anlagen mit den landschaftsästhetischen Ansprüchen in Einklang bringen.

Um diese komplexe Aufgabe zu meistern, sind mehrere Faktoren zu berücksichtigen. Zunächst ist das Anlagendesign von entscheidender Bedeutung. Die Verwendung speziell angepasster Module oder die geschickte Integration in bestehende Weinbergstrukturen kann die visuelle Beeinträchtigung minimieren. Ebenso wichtig ist eine sorgfältige Standortwahl unter Berücksichtigung der Landschaft und deren Einsehbarkeit. Die Abstimmung mit bestehenden Raumplanungsinstrumenten und die Anpassung an lokale Gegebenheiten sind unerlässlich, um sowohl technische als auch landschaftliche und gesellschaftliche Anforderungen zu erfüllen.

Ein weiterer Schlüsselfaktor ist die frühzeitige Zusammenarbeit mit Behörden und Interessengruppen. Konsultationen mit Raumplanungsbehörden, Denkmalschutz und lokalen Akteuren tragen dazu bei, potenzielle Konflikte zu minimieren und mögliche Synergien zu identifizieren (Regierungsrat Kanton Schaffhausen, 2024). Dieser ganzheitliche Ansatz erhöht nicht nur die Akzeptanz des Projekts, sondern reduziert auch das Risiko von Genehmigungsverweigerungen, rechtlichen Auseinandersetzungen oder unvorhergesehenen Zusatzkosten.

Die sorgfältige Berücksichtigung dieser raumplanerischen Aspekte ist entscheidend für den Erfolg von Agri-PV-Projekten in Weinbaugebieten. Es geht letztlich darum, einen ausgewogenen Kompromiss zwischen den technischen Erfordernissen der Energiegewinnung und dem Erhalt der charakteristischen Weinbaulandschaften zu finden. Nur wenn es gelingt, APA harmonisch in die bestehenden Strukturen einzufügen, kann ihr volles Potenzial für eine nachhaltige Landnutzung und

erneuerbare Energiegewinnung ausgeschöpft werden, ohne dabei die kulturelle und ästhetische Integrität der Weinbauregionen zu beeinträchtigen.

Technische Aspekte

Die technischen Aspekte der Agri-PV im Weinbau sind vor allem im Ausland geprägt von kontinuierlicher Innovation und Optimierung. Der Einsatz semitransparenter oder bifazialer PV-Module ermöglicht eine effiziente Nutzung des einfallenden Lichts sowohl für die Energieproduktion als auch für das Pflanzenwachstum. Die Entwicklung integrierter Tragstrukturen, die sich effizient in die Weinbergstruktur einfügen, stellt eine weitere technische Herausforderung dar. Besonders vielversprechend sind Systeme mit flexibler Neigungsverstellung, die ein dynamisches Lichtmanagement erlauben und somit auf die sich im Jahresverlauf ändernden Bedürfnisse der Reben reagieren können (Lu et al., 2021). Die Nutzung von Modellierungssoftware wie PVsyst ermöglicht eine präzise Planung und Optimierung der Anlagen. Diese technischen Innovationen zielen darauf ab, eine ressourcenschonende, ertragreiche und qualitativ hochwertige Weinproduktion bei gleichzeitiger Maximierung der Energieausbeute zu gewährleisten (Weselek et al., 2019).

Zukunftstauglich

Es lässt sich festhalten, dass Agri-PV im Weinbau ein zukunftsträchtiges Konzept darstellt, das bei sorgfältiger Planung und Umsetzung erhebliche Synergien zwischen Energieproduktion und nachhaltiger Landwirtschaft schaffen kann. Die Technologie bietet vielversprechende Ansätze zur Bewältigung aktueller Herausforderungen wie Klimawandel, Ressourceneffizienz und ökonomische Stabilität. Gleichzeitig erfordert ihre erfolgreiche Implementation einen ganzheitlichen Ansatz, der ökologische, ökonomische, soziale, raumplanerische, rechtliche und technische Aspekte gleichermaßen berücksichtigt. Weitere Forschung, Pilotprojekte und der intensive Austausch zwischen Wissenschaft, Praxis und Politik werden entscheidend dazu beitragen, das volle Potenzial dieser innovativen Technologie zu erschliessen und ihre nachhaltige Integration in die Weinbaulandschaften zu gewährleisten (Hochschule Geisenheim, 2024; Torregrosa et al., 2002).

4.1.2 Prozessentwicklung

Die entwickelte Prozessübersicht für die Implementierung einer APA im Weinbaugebiet bietet einen strukturierteren, jedoch flexiblen Leitfadens für zukünftige Projekte.

Die Adaption der Projektmanagement-Struktur erweist sich als sinnvoll, da sie einen systematischen Rahmen für die komplexe Aufgabe bietet. Die klare Phasenunterteilung bietet Orientierung, während die Möglichkeit zur Verschiebung von Aktivitäten innerhalb des Prozesses eine adaptive und zielorientierte Arbeitsweise fördert.

Bei der Evaluation der Prozessqualität zeigt sich eine grundlegende Klarheit und Verständlichkeit in der Struktur. Dennoch sind Lücken in der Vollständigkeit ersichtlich, die einer Überarbeitung bedürfen. Insbesondere in den Bereichen der Veranschaulichung von Vorgehensweisen sowie im Detaillierungsgrad rechtlicher Aspekte und spezifischer Aktivitäten lassen sich Verbesserungspotenziale identifizieren.

Ein Manko liegt in der fehlenden Spezifikation detaillierter Aktivitätssequenzen, wodurch die logische Verkettung einzelner Prozessschritte nicht unmittelbar ersichtlich ist. Die Integration solcher präziser Ablaufsequenzen in die Prozessübersicht könnte für zukünftige Projekte hilfreich sein, indem sie

eine klarere Orientierung und verbesserte Planbarkeit ermöglicht. Diese Verfeinerung würde nicht nur die Prozessqualität erhöhen, sondern auch zur Minimierung potenzieller Fehlerquellen beitragen.

4.1.3 Projekt Trasadingen

Kommunikation als Schlüssel zum Erfolg

Ein Schlüssel zum bisherigen Erfolg des Projekts TRA ist das effektive Stakeholder-Management. Bereits in frühen Phasen wurden wichtige Akteure wie Nachbarn, der Parzellenbesitzer, potenzielle Stromabnehmer, Vertreter der Energiefachstelle Schaffhausen und lokale Unternehmen einbezogen. Die gute Vernetzung der Projektleitung in der Region hat sich als vorteilhaft erwiesen und zu einer effizienten Kommunikation beigetragen.

Obwohl keine formale Kommunikations- und Beteiligungsstrategie erarbeitet wurde, könnte die Durchführung von Informationsveranstaltungen bei Gemeindeversammlungen oder einer Medienmitteilung dazu beitragen, das Projekt positiv in der lokalen Gemeinschaft zu positionieren und die Transparenz zu erhöhen.

Innovation

Die technische Vorplanung ist derzeit jedoch noch abgeschlossenen Stadium. Bislang wurden zwei detaillierte Offerten für das Anlagendesign eingeholt, wobei eine dritte noch aussteht. Diese hätte optimalerweise schon früher eingeholt werden sollen. Die Entscheidung zwischen den Optionen steht noch aus, da die Kosten der beiden vorliegenden Angebote erheblich voneinander abweichen. Weiter wurde aus Kostengründen von einem nachführbaren System abgesehen. Dies könnte in zukünftigen Projekten überdacht werden, um die Effizienz und Anpassungsfähigkeit der Anlage weiter zu optimieren. Eine fixe Installation ist für eine symbiotische Nutzung in der Landwirtschaft mit sonnenliebenden Pflanzen nicht zukunftsorientiert. Die Anlage muss den unregelmässigen und stark ändernden Umweltbedingungen flexibel angepasst werden können.

Während der Konzeptphase kam ein innovativer Ansatz auf. Dieser geht von einer Abstützung der Konstruktion bei jeder fünften Rebzeile aus. Diese Strategie zielt darauf ab, den Mehraufwand bei der maschinellen Bearbeitung und manuellen Pflege der Reben zu minimieren, indem die Anzahl Strukturstützen reduziert wird. Zusätzlich sieht das Konzept vor, in diesen Reihen ökologische Streifen als Biodiversitätsflächen zu integrieren, was nicht nur die Abstützung der Konstruktion unterstützt, sondern auch einen Beitrag zur ökologischen Vielfalt leistet und bewusst eine Reduktion des Rebenertrages in Kauf nimmt. Ob sich diese Ertragseinbusse lohnt, ist derzeit nicht abschätzbar. Diese Konstruktion lässt die maschinelle Rebenpflege mit dem Laubschneider oberhalb der Reben zu und generiert kaum einen Mehraufwand. Zudem ist die Idee, dass für die Spritzarbeiten ein Überzeilengerät mit einer Recyclingspritze eingesetzt wird. Mit einer gut eingestellten Spritze wird dadurch der Pflanzenschutz weiter optimiert, indem die Applikation des Mittels sehr effizient erfolgt und kaum Ab-Drift generiert. Dies führt zu weniger Spritzmittelablagerungen auf den Modulen und somit zu weniger Reinigungsarbeiten.

Für die Netzeinspeisung werden zwei Optionen in Betracht gezogen: eine private Variante für den Eigenverbrauch mit Überschusseinspeisung und eine öffentliche Variante mit direkter Lieferung an das Energiewerk. Bei einer privaten Lösung würde der gesamte Strom für eine eigens betriebene Firma verwendet werden, mit möglichen Produktionsüberschüssen an Wochenenden und Feiertagen. Somit ist der Betreiber nicht auf eine Vergütung durch Einspeisen angewiesen. Die

endgültige Entscheidung hängt davon ab, ob die Anlage als Forschungs- oder Privatprojekt realisiert wird. Neben den technischen Innovationen legt das Projekt TRA grossen Wert auf ökologische Aspekte. Die Integration von Biodiversitätsflächen ist ein Beispiel dafür, wie technische und ökologische Ziele synergetisch verfolgt werden.

Ökologische Aufwertung

Die Idee der Integration von ökologischen Streifen als Biodiversitätsflächen ist ein vielversprechender Ansatz, der nicht nur die Einschränkungen durch die Konstruktion reduziert, sondern auch zur ökologischen Aufwertung des Gebiets beitragen kann. Diese Massnahme könnte als Modell für zukünftige APA-Projekte dienen, um die Biodiversität in Weinbaugebieten zu fördern.

Auf eine detaillierte ökologische Beurteilung wurde zugunsten einer internen Einschätzung verzichtet, das Pilotprojekt ohnehin durchgeführt werden soll. Diese Entscheidung basiert auf der Expertise des Projektteams und der Anwesenheit relevanter Stakeholder wie dem PNA, der Energiefachstelle und dem LA. Obwohl keine einschränkenden Faktoren dokumentiert wurden, birgt dieser Ansatz das Risiko, wichtige ökologische Aspekte zu übersehen. Während die ökologischen Vorteile vielversprechend sind, bringt die Integration der APA auch Herausforderungen für die traditionelle Rebenpflege mit sich.

Mehraufwand bei der Rebenpflege kann reduziert werden

Die Integration der APA in den bestehenden Weinbau bringt die Herausforderungen hinsichtlich der Rebenpflege mit sich. Die Konstruktion der Anlage kann die Bewegungsfreiheit für maschinelle Arbeiten einschränken, was zu einem erhöhten Bedarf an manueller Pflege führt. Die Nutzung des Laubschneiders für die Rebenpflege ist in den offerierten Konzeptionen möglich, jedoch mit Einschränkungen oberhalb der Rebzeilen. Diese Einschränkungen führen zu einem zusätzlichen manuellen Arbeitsaufwand von etwa 10 Stunden pro Jahr für die Parzelle in Trasadingen. Weitere Optimierungen der Konstruktion zielen darauf ab, diesen Mehraufwand zu minimieren.

Die geplante Anordnung der Strukturstützen bei jeder fünften Rebzeile stellt einen Kompromiss dar, der darauf abzielt, den zusätzlichen Pflegeaufwand zu minimieren. Dennoch wird es wichtig sein, die tatsächlichen Auswirkungen auf die Arbeitsabläufe und die Effizienz der Rebenpflege sorgfältig zu beobachten und zu dokumentieren, um gegebenenfalls Anpassungen vornehmen zu können. Die Bewältigung dieser Herausforderungen in der Rebenpflege ist eng mit der wirtschaftlichen Tragfähigkeit des Projekts verknüpft.

Hohe finanzielle Investition

Eine der grössten Herausforderungen des Projekts TRA ist das Fehlen einer umfassenden Wirtschaftlichkeitsanalyse. Ohne eine fundierte Machbarkeitsstudie, Amortisationszeit und Kosten-Nutzen-Analyse fehlt eine solide Grundlage für Finanzierungsentscheidungen und die langfristige Projektplanung. Dies ist ein kritischer Punkt, der in zukünftigen Phasen des Projekts dringend adressiert werden muss.

Die Finanzierung des Projekts ist noch nicht vollständig geklärt, obwohl es erste mündliche Zusagen bezüglich Fördergelder gibt. Einige Kostenpunkte aus den Offerten und der Begleitforschung sind bereits bekannt. Die nächsten Schritte umfassen die vollständige Erstellung eines Budgetplans, die Konkretisierung der Fördermittel sowie die Entwicklung eines ersten Finanzierungsmodells.

Die wirtschaftliche Tragfähigkeit des Projekts TRA hängt eng mit den technischen Entscheidungen zusammen. Beispielsweise muss der potenzielle Mehrertrag durch die Energieproduktion gegen die

Kosten für die Installation und den möglichen Minderertrag im Weinbau abgewogen werden. Die Entscheidung gegen ein nachführbares System aus Kostengründen zeigt, wie wirtschaftliche Überlegungen die technische Ausgestaltung beeinflussen. Eine detaillierte Kosten-Nutzen-Analyse wird entscheidend sein, um die optimale Balance zwischen technischer Innovation und wirtschaftlicher Machbarkeit zu finden

4.2 Empfehlung

Für eine erfolgreiche Implementierung einer APA sind mehrere Faktoren entscheidend:

- Eine umfassende Standortanalyse, die geologische, geographische, klimatische und weinbauliche Aspekte berücksichtigt
- Ein flexibles Anlagendesign mit nachführbaren PV-Modulen für optimale Energieausbeute und anpassungsfähige Rebenbeschattung
- Ein detailliertes Monitoring-Konzept zur langfristigen Erfassung von Auswirkungen auf Trauben- und Weinqualität, Mikroklima und Biodiversität
- Eine strukturierte Risikoanalyse und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung
- Die Einbeziehung externer Experten für Forschung und ökologische Analysen

4.3 Ausblick

4.3.1 Forschungslücken und zukünftige Entwicklungen

Politik als Taktgeber

Die Weiterentwicklung des rechtlichen Rahmens für Agri-PV im Weinbau erfordert einen kontinuierlichen Dialog zwischen Gesetzgebern, Behörden, Landwirten und Energieexperten. Nur durch diesen interdisziplinären Ansatz können rechtliche Lösungen gefunden werden, die sowohl die Ziele der erneuerbaren Energiegewinnung als auch die Erhaltung der traditionellen Weinbaulandschaften und deren ökologische Funktionen berücksichtigen.

Fehlende Langzeitstudien und Vergleichsexperimente

Die meisten vorliegenden Arbeiten sind Pilot- oder Demonstrationsprojekte mit zeitlich begrenzten Untersuchungszeiträumen (1–3 Vegetationsperioden). Insbesondere fehlen Langzeitstudien, welche die Auswirkungen über mehrere Vegetationsperioden hinweg auf Rebenalter, Bodenfruchtbarkeit, Bodenökologie, Krankheitszyklen Kohlenstoffspeicherung und Biodiversität untersuchen. (Hochschule Geisenheim, 2024; Weselek et al., 2019)

Weitere Forschung ist ebenfalls notwendig, um die optimale Balance zwischen Energieproduktion und weinbaulichen Anforderungen für verschiedene Rebsorten und Terroirs zu bestimmen.

Sorten- und standortspezifische Anpassungen

Die Effekte von Agri-PV sind stark sortenabhängig: Während bestimmte Rebsorten von reduzierter Einstrahlung profitieren (z. B. empfindliche weisse Sorten), können andere Sorten oder Lagen eine erhöhte Sonnen- und Wärmeeinstrahlung benötigen. Zukünftige Forschung soll klären, welche Systemkonfigurationen für welche Sorten und Terroirs optimal sind. (Hochschule Geisenheim, 2024; Matalucci, 2024; Strub et al., 2024)

Integration digitaler Tools

Zukünftige Entwicklungen könnten sich auf die Integration intelligenter Monitoring- und Steuerungssysteme in APA konzentrieren, die eine dynamische Anpassung der Modulausrichtung an aktuelle Wetterbedingungen und Pflanzenbedürfnisse ermöglichen. Die Kombination von Agri-PV mit Präzisionslandwirtschaft, fortschrittlicher Sensorik, Drohnenmonitoring und komplexen Modellierungstools verspricht, die Systeme noch genauer auf die spezifischen Anforderungen der Pflanzen abzustimmen. Bereits heute nutzen erste innovative Ansätze KI-basierte Steuerungssysteme, um in Echtzeit auf Witterungsbedingungen und Pflanzenzustand zu reagieren, was die Effizienz und Nachhaltigkeit von APA im Weinbau weiter steigern könnte. (Barron-Gafford et al., 2019; *Sun'Agri*, 2021; Trommsdorff et al., 2021; Weselek et al., 2019)

4.3.2 Projekt Trasadingen

Nebst der Eingabe des Baugesuchs markiert die praktische Umsetzung des Agri-PV-Projekts in Trasadingen den nächsten Schritt. Zentrale Elemente für die weiteren Projektphasen und -erfolg sind:

- **Agiles Projektmanagement:** Eine konsequente Überwachung des Projektfortschritts und fortlaufende Anpassung an neue Erkenntnisse sind unerlässlich. Dies umfasst regelmässige Statusberichte zum Stand des APA-Projekts und transparente Kommunikation mit allen Stakeholdern.
- **Qualitätssicherung und Risikomanagement:** Ein Controlling-System zur frühzeitigen Identifikation von Abweichungen sowie ein systematisches Risikomanagement fördern den Projekterfolg.
- **Umfassendes Monitoring:** Die Etablierung eines Monitoringsystems ermöglicht die Sammlung wertvoller Daten über die Auswirkungen der APA auf den Weinbau.
- **Wissenschaftliche Begleitung:** Die Zusammenarbeit mit Forschungseinrichtungen wie der ZHAW bietet die Chance, das Projekt wissenschaftlich zu begleiten und zur Weiterentwicklung von Agri-PV im Weinbau beizutragen.
- **Wissenstransfer:** Nach Projektabschluss ist eine umfassende Überprüfung der Ergebnisse vorzunehmen. Ein detaillierter Abschlussbericht und die Dokumentation von Best Practices und Lessons Learned sind entscheidend für zukünftige Projekte.

Das Projekt Trasadingen hat das Potenzial, als Forschungsplattform, Pilotprojekt und Modell für die nachhaltige Integration von erneuerbaren Energien in den Weinbau zu dienen. Obwohl eine umfassende Forschungsbegleitung durch die ZHAW als zu kostspielig erachtet wird, bietet das Projekt dennoch Gelegenheit, wertvolle Daten zu sammeln. Die geplante Teilüberdachung mit einer Kontrollfläche ermöglicht Vergleichsstudien zu Traubenqualität, Ertrag, Mikroklimaeffekten und Biodiversität.

Zukünftige Entwicklungen sollten die Integration eines nachführbaren Systems in Betracht ziehen, das in der aktuellen Planung aus Kostengründen nicht berücksichtigt wurde. Mit kontinuierlicher Anpassung und Optimierung könnte das Projekt einen bedeutenden Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung in der Weinbauregion Schaffhausen leisten und neue Wege für die Koexistenz von Landwirtschaft und erneuerbarer Energiegewinnung aufzeigen.

5 Literaturverzeichnis

- Amaducci, S., Yin, X., & Colauzzi, M. (2018) Agrivoltaic systems to optimise land use for electric energy production. *Applied Energy*, doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.03.081
- ARE, B. für R. (2024). *Raumkonzept Schweiz* www.are.admin.ch/are/de/home/raumentwicklung-und-raumplanung/strategie-und-planung/raumkonzept-schweiz.html
- Asa'a, Reher, Rongé, Diels, Poortmans, Radhakrishnan, van der Heide, Van de Poel, & Daenen. (2024). A multidisciplinary view on agrivoltaics: Future of energy and agriculture. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* doi.org/10.1016/j.rser.2024.114515
- BAFU, B. für U. (2024) *Landschaft in der Raumplanung* www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/thema-landschaft/landschaft--fachinformationen/landschaft-in-der-raumplanung.html
- Barron-Gafford, G. A., Pavao-Zuckerman, M. A., Minor, R. L., Sutter, L. F., Barnett-Moreno, I., Blackett, D. T., Thompson, M., Dimond, K., Gerlak, A. K., Nabhan, G. P., & Macknick, J. E. (2019) Agrivoltaics provide mutual benefits across the food–energy–water nexus in drylands. *Nature Sustainability* doi.org/10.1038/s41893-019-0364-5
- Bergamo, A., & BMK, B. K., Umwelt, Energie, Mobilität, innovation und Technologie. (2024, April 23). *Planung von Agri-PV* oekl.at/wp-content/uploads/2024/05/Planung-von-Agri-PV-AEA.pdf
- Betz, H. (2023, Mai 22) *Photovoltaik im Weinberg ist nicht nur Klimaschutz*. *Wirlandwirten* wirlandwirten.de/photovoltaik-im-weinberg-ist-nicht-nur-klimaschutz
- Bodirsky, B. L., Rolinski, S., Biewald, A., Weindl, I., Popp, A., & Lotze-Campen, H. (2015) Global Food Demand Scenarios for the 21st Century. *PLOS ONE* doi.org/10.1371/journal.pone.0139201
- Bonada, M., & Sadras, V. O. (2014) *Review: Critical appraisal of methods to investigate the effect of temperature on grapevine berry composition* doi.org/10.1111/ajgw.12102
- Bundesamt für Energie BFE. (2023, Dezember 5) *Energiestrategie 2050* www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/politik/energiestrategie-2050.html

- Burghardt, M. (2018) *Projektmanagement—Leitfaden für die Planung, Überwachung und Steuerung von Projekten* (10. Aufl.) Wiley-VCH
www.lehmanns.de/shop/wirtschaft/42143307-9783895789595-projektmanagement
- Chopdar, R. K., Sengar, N., Giri, N. C., & Holliday, D. P. (2024) Comprehensive review on agrivoltaics with technical, environmental and societal insights. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* doi.org/10.1016/j.rser.2024.114416
- Crawford, L. (2006) Developing Organizational Project Management Capability: Theory and Practice. *Project Management Journal* doi.org/10.1177/875697280603700308
- Deloire, A., Zebic, O., Bernard, N., Brenon, E., Hunter, J. J., & Carbonneau, A. (2005) *Influence de l'état hydrique de la vigne sur le style de vin*
www.researchgate.net/publication/312449485_Influence_de_l'etat_hydrique_de_la_vigne_sur_le_style_de_vin
- diveo energy. (2024) *Wirtschaftlichkeit*. diveo
diveo-energy.com/grundlagen-der-agri-pv/wirtschaftlichkeit-von-agri-pv-anlagen
- Dupraz, C., Marrou, H., Talbot, G., Dufour, L., Nogier, A., & Ferard, Y. (2011) Combining solar photovoltaic panels and food crops for optimising land use: Towards new agrivoltaic schemes. *Renewable Energy* doi.org/10.1016/j.renene.2011.03.005
- EKZ, E. des K. Z. (2024, Dezember) *Suchmaschine für Förderprogramme*. So einfach gelangen Sie an Fördergelder Schweizer Förderprogramme für Energie und Mobilität
www.energiefranken.ch
- EnBW. (2024, April 30) *Agri-Photovoltaik | EnBW*. Agri-Photovoltaik
www.enbw.com/unternehmen/themen/solarenergie/agri-photovoltaik-loest-gleich-zwei-probleme.html
- EnFV, E. (2017, November 1) *EnFV - SR 730.03—Verordnung über die Förderung der Produktion von Elektrizität aus erneuerbaren Energien*. Verordnung über die Förderung der Produktion von Elektrizität aus erneuerbaren Energien www.fedlex.admin.ch/eli/cc/2017/766/de
- EnG, E.-S. 730. 0. (2024, Februar 1) *EnG - SR 730.0—Energiegesetz vom 30. September 2016 (EnG)* Fedlex www.fedlex.admin.ch/eli/cc/2017/762/de

- ENHK. (2017, Oktober 27) *Übersicht—Eidgenössische Natur- und Heimatschutzkommission*. ENHK Admin
www.enhk.admin.ch/de/die-kommission/uebersicht/?utm_source=chatgpt.com
- Fraunhofer ISE. (2024) *Agri-Photovoltaik—Fraunhofer ISE - Institut für Solare Energiesysteme*.
Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE
www.ise.fraunhofer.de/de/geschaeftsfelder/solkraftwerke-und-integrierte-photovoltaik/integrierte-photovoltaik/agri-photovoltaik-agri-pv.html
- Fraunhofer ISE, A.-P. B.-W. (2023, Juli) *Modellregion Agri-PV Baden-Württemberg*. Agri-PV Baden-Württemberg www.agripv-bw.de/
- Frey, M., Hurle, A., & Straub, P. (2024, Dezember 11) *Leitfaden für die landwirtschaftliche Praxis*
www.agripv-bw.de/dokumente/21/Leitfaden_für_die_landwirtschaftliche_Praxis.pdf
- Gemeinde Trasadingen. (2023) *Formulare-Bauen – Gemeinde Trasadingen*
trasadingen.ch/download-category/formulare-bauen
- Geoportal des Bundes (2024) [Map] map.geo.admin.ch
- Geoportal WebGIS-Thurgau (2024) [Map] www.geoportal.ch/trasadingen
- Gimbel, E. (2023, Dezember 11) *Weinbaubericht VINO PV Anlage Tuniberg*.
- Google Maps (2024) [Map]
www.google.ch/maps/@47.6702444,8.4263115,168m/data=!3m1!1e3?hl=de&entry=ttu&g_ep=EgoyMDI0MTAyMi4wIKXMDSoASAFQAw%3D%3D
- Graham, M., Ates, S., Melathopoulos, A. P., Moldenke, A. R., DeBano, S. J., Best, L. R., & Higgins, C. W. (2021) Partial shading by solar panels delays bloom, increases floral abundance during the late-season for pollinators in a dryland, agrivoltaic ecosystem. *Scientific Reports*
doi.org/10.1038/s41598-021-86756-4
- Heil, E. A. (2021) *Methode der Systematischen Literaturrecherche*
<http://dx.doi.org/10.22029/jlupub-17189>
- Hill, M., Wallner, A., & Furtado, J. (2010) Reducing vulnerability to climate change in the Swiss Alps: A study of adaptive planning. *Climate Policy* doi.org/10.3763/cpol.2008.0536

- Hochschule Geisenheim. (2024) *Agri-Photovoltaik* www.hs-geisenheim.de/agri-photovoltaik
- Horica, S. (2021) *Photovoltaik im Weinbau – eine Potenzialabschätzung (Bachelorarbeit)*
- Jäger, M., & Anderegg, D. (2023, Oktober 4) *Potentialanalyse zur Agri-Photovoltaik im Kanton Schaffhausen*. Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW.
- Jerome Wei Chiang Teng, Chew Beng Soh, Shiddalingeshwar Channabasappa Devihosur, Ryan Hong Soon Tay, & Steve Kardinal Jusuf. (2022, Juni 9) *Effects of Agrivoltaic Systems on the Surrounding Rooftop Microclimate* www.mdpi.com/2071-1050/14/12/7089
- Kuster, J., Huber, E., Lippmann, R., Schmid, A., Schneider, E., Witschi, U., & Wüst, R. (2011) *Handbuch Projektmanagement* (3. Aufl.) Springer. DOI 10.1007/978-3-642-21243-7
- Lu, H.-C., Wei, W., Wang, Y., Duan, C.-Q., Chen, W., Li, S.-D., & Wang, J. (2021) Effects of sunlight exclusion on leaf gas exchange, berry composition, and wine flavour profile of Cabernet-Sauvignon from the foot of the north side of Mount Tianshan and a semi-arid continental climate doi.org/10.20870/oenone.2021.55.2.4545
- LwG, B. über die L.-S. 910. 1. (2024, Januar 1) *LwG - SR 910.1—Bundesgesetz vom 29. April 1998 über die Landw...* Fedlex www.fedlex.admin.ch/eli/cc/1998/3033_3033_3033/de
- LWK NI, L. N. (2024) *Agri-PV auf Acker oder Weide—Lohnt sich das?* www.lwk-niedersachsen.de/lwk/news/42279_Agri-PV_auf_Acker_oder_Weide_-_Lohnt_sich_das
- Marrou, H., Guillioni, L., Dufour, L., Dupraz, C., & Wery, J. (2013) Microclimate under agrivoltaic systems: Is crop growth rate affected in the partial shade of solar panels? *Agricultural and Forest Meteorology* doi.org/10.1016/j.agrformet.2013.04.012
- Marrou, H., Wery, J., Dufour, L., & Dupraz, C. (2013) Productivity and radiation use efficiency of lettuces grown in the partial shade of photovoltaic panels. *European Journal of Agronomy* doi.org/10.1016/j.eja.2012.08.003
- Matalucci, S. (2024) Azienda pugliese: agriPV posticipa raccolta, migliora qualità del vino. *pv magazine Italia* www.pv-magazine.it/2024/09/16/azienda-pugliese-agripv-posticipa-raccolta-migliora-qualita-del-vino/

- Meinardi, D., & Röttcher, K. (2024) *Wassermanagement unter einer Agri-Photovoltaik-Anlage – Wissen hoch N* doi.org/10.60479/BWSX-KC78
- MeteoSchweiz. (2024, Dezember 7) *MeteoSchweiz*. Messwerte und Messnetze sowie Informationen zu den einzelnen Messstationen www.meteoschweiz.admin.ch/service-und-publikationen/applikationen/messwerte-und-messnetze.html
- Morrison, J. C., & Noble, A. C. (1990) The Effects of Leaf and Cluster Shading on the Composition of Cabernet Sauvignon Grapes and on Fruit and Wine Sensory Properties. *American Journal of Enology and Viticulture* doi.org/10.5344/ajev.1990.41.3.193
- NHG, B. über den N. H.-S. 451. (2022, Januar 1) *NHG - SR 451—Bundesgesetz vom 1. Juli 1966 über den Natur- un...* Fedlex www.fedlex.admin.ch/eli/cc/1966/1637_1694_1679/de
- Oliveira, M., Teles, J., Barbosa, P., Olazabal, F., & Queiroz, J. (2014) Shading of the fruit zone to reduce grape yield and quality losses caused by sunburn doi.org/10.20870/oenone.2014.48.3.1579
- Padilla, J., Toledo, C., & Abad, J. (2022) Enovoltaics: Symbiotic integration of photovoltaics in vineyards. *Frontiers in Energy Research* doi.org/10.3389/fenrg.2022.1007383
- PNA Schaffhausen, P. N. (2024, Dezember 4) *Agri-PVA: Bewilligung* sh.ch/CMS/Webseite/Kanton-Schaffhausen/Behorde/Verwaltung/Baudepartement/Planungs--und-Naturschutzamt-3592-DE.html
- Pro Natura. (2019, März 4) *Für die Zukunft unserer Natur und Landschaft | Pro Natura* www.pronatura.ch/de/2019/fuer-die-zukunft-unserer-natur-und-landschaft
- Project Management Institute (Hrsg.) (2017) *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK guide)* (Sixth edition) Project Management Institute.
- Pronovo. (2024) *Tarifrechner – Pronovo AG*. Berechnen Sie hier Ihren Förderbetrag / Vergütungssatz pronovo.ch/de/services/tarifrechner/
- Ravilla, A., Shirkey, G., Chen, J., Jarchow, S., Stary, O., & Celik, I. (2024) Techno-economic and life cycle assessment of agrivoltaic system (AVS) designs. *Science of The Total Environment* doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.169274

- Regierungsrat Kanton Schaffhausen. (2024, Januar 9) *Schwerpunkte Regierungstätigkeit Kt SH 2024*.
- Rodriguez, L. (2021, September 14) *Benefits of Agrivoltaics and 5 real-life examples of successful implementations*ratedpower.com/blog/benefits-agrivoltaics-examples/
- RPG, B. über die R.-S. 700. (2019, Januar 1) *RPG - SR 700—Bundesgesetz vom 22. Juni 1979 über die Raumplan...* Fedlexwww.fedlex.admin.ch/eli/cc/1979/1573_1573_1573/de
- RSE Schaffhausen, R. S. K. S. (2023, September 30) *Förderschwerpunkte—Standortförderung Kanton Schaffhausen* sh.ch/CMS/Webseite/Wirtschaftsforderung-Kanton-Schaffhausen/Region-entwickeln-25739-DE.html
- Rutz, A. (2024, März 23) *Landwirtschaft im (Klima-)Wandel: Anpassungsstrategien* www.bienabest.de/news/detail/landwirtschaft-im-klima-wandel-was-sind-moegliche-anpasungsstrategien
- Schindele, S., Trommsdorff, M., Schlaak, A., Oberfell, T., Bopp, G., Reise, C., Braun, C., Weselek, A., Bauerle, A., Högy, P., Goetzberger, A., & Weber, E. (2020) Implementation of agrophotovoltaics: Techno-economic analysis of the price-performance ratio and its policy implications. *Applied Energy* doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.114737
- Schmelzer, H. J., & Sesselmann, W. (2020) *Geschäftsprozessmanagement in der Praxis*. Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG www.springerprofessional.de/geschaeftsprozessmanagement-in-der-praxis/26172758
- Schumacher, P., & Baumann, M. (2024, September 27) *Offerte Agri-PV Begleitforschung Trasadingen ZHAW*. Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW
- Schweizer Heimatschutz. (2018, August 28) *Natur, Landschaft und Heimatschutz*. Schweizer Heimatschutz www.heimatschutz.ch/news-detail/natur-landschaft-und-heimatschutz?utm_source=chatgpt.com
- Senec GmbH. (2024, April 16) *Bifaziale Module: Ist doppelseitige PV das Zukunftsthema?* senec.com/de/magazin/bifaziale-module

- Smart, R. E. (1985) Principles of Grapevine Canopy Microclimate Manipulation with Implications for Yield and Quality. A Review. *American Journal of Enology and Viticulture*, doi.org/10.5344/ajev.1985.36.3.230
- Sponagel, C., Bendel, D., Feuerbacher, A., & Weber, T. K. D. (2022) Ökonomische und agronomische Auswirkungen von Agri-Photovoltaik auf die landwirtschaftliche Ackernutzung am Beispiel der Region Stuttgart. *ResearchGate*
www.researchgate.net/publication/363593322_Okonomische_und_agronomische_Auswirkungen_von_Agri-Photovoltaik_auf_die_landwirtschaftliche_Ackernutzung_am_Beiispiel_der_Region_Stuttgart
- Statista. (2019, Januar 24) *Prognosen zum globalen Energieverbrauch bis 2050*. Statista - Umweltbundesamt. (2024) Energie & Umwelt
de.statista.com/statistik/studie/id/59904/dokument/prognosen-zum-globalen-energieverbrauch-bis-2050/
- Statista. (2024, Oktober 23) *Ernährung und Hunger weltweit | Statista*. Empowering people with data.
de.statista.com/themen/7341/welternaehrung/
- Strub, L., Wittke, M., Trommsdorff, M., Stoll, M., Kammann, C., & Loose, S. (2024) Assessing the economic performance of agrivoltaic systems in vineyards – framework development, simulated scenarios and directions for future research. *Frontiers in Horticulture*, 3. doi.org/10.3389/fhort.2024.1473072
- Sun'Agri. (2021) Sun'Agri. sunagri.fr/en
- Swissolar, S. F. für S. (2023) *PV-Förderung*. Förderung Photovoltaik
www.swissolar.ch/de/wissen/wirtschaftlichkeit/foerderung/pv-foerderung
- Teker, T. (2023) A study of kaolin effects on grapevine physiology and its ability to protect grape clusters from sunburn damage. *Scientia Horticulturae*
doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111824

- Toledo, C., & Scognamiglio, A. (2021) Agrivoltaic Systems Design and Assessment: A Critical Review, and a Descriptive Model towards a Sustainable Landscape Vision (Three-Dimensional Agrivoltaic Patterns) *Sustainability*
doi.org/10.3390/su13126871
- Torregrosa, L., Locco, P., & Thomas, M. R. (2002) Influence of Agrobacterium Strain, Culture Medium, and Cultivar on the Transformation Efficiency of *Vitis vinifera* L. *American Journal of Enology and Viticulture* doi.org/10.5344/ajev.2002.53.3.183
- Trommsdorff, M., Kang, J., Reise, C., Schindele, S., Bopp, G., Ehmann, A., Weselek, A., Högy, P., & Obergfell, T. (2021) Combining food and energy production: Design of an agrivoltaic system applied in arable and vegetable farming in Germany. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* doi.org/10.1016/j.rser.2020.110694
- Tsoutsos, T., Frantzeskaki, N., & Gekas, V. (2005) Environmental impacts from the solar energy technologies. *Energy Policy* [doi.org/10.1016/S0301-4215\(03\)00241-6](https://doi.org/10.1016/S0301-4215(03)00241-6)
- UVPV, V. über die U.-S. 814. 011. (2022, August 1) UVPV - SR 814.011—Verordnung vom 19. Oktober 1988 über die Umw... Fedlex
www.fedlex.admin.ch/eli/cc/1988/1931_1931_1931/de
- Wells, C., Lehigh, G., & Vidmar, A. (2020) *Stakeholder Engagement for Sustainable Communities*
doi.org/doi.org/10.1007/978-3-030-38948-2_10-1
- Weselek, A., Ehmann, A., Zikeli, S., Lewandowski, I., Schindele, S., & Högy, P. (2019) Agrophotovoltaic systems: Applications, challenges, and opportunities. A review. *Agronomy for Sustainable Development*
doi.org/10.1007/s13593-019-0581-3
- Widmer, J., Christ, B., Grenz, J., & Norgrove, L. (2024) Agrivoltaics, a promising new tool for electricity and food production: A systematic review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* doi.org/10.1016/j.rser.2023.114277
- Wüstenhagen, R., Wolsink, M., & Bürer, M. J. (2007) Social acceptance of renewable energy innovation: An introduction to the concept. *Energy Policy*
doi.org/10.1016/j.enpol.2006.12.001

Yavari, R., Zaliwciw, D., Cibir, R., & McPhillips, L. (2022) Minimizing environmental impacts of solar farms: A review of current science on landscape hydrology and guidance on stormwater management. *Environmental Research: Infrastructure and Sustainability*

doi.org/10.1088/2634-4505/ac76dd

Zahrawi, A. A., & Aly, A. M. (2024) A Review of Agrivoltaic Systems: Addressing Challenges and Enhancing Sustainability doi.org/10.3390/su16188271

Abbildverzeichnis

Abbildung 1: Standort Trasadingen, Kanton Schaffhausen. Die für das Projekt berücksichtigten Parzellen befinden sich in der rot markierten Fläche. Massstab: 1:20'000 (Linienabstand: 1 km). (Geoportal des Bundes, 2024)	15
Abbildung 2: Ausschnitt der vorherigen Karte. Betroffene Flächen auf den Parzellen 692, 330 und 329 in Trasadingen rot eingerahmt. Massstab: 1:3'000. (Geoportal WebGIS-Thurgau, 2024).....	16
Abbildung 3: Rebfläche der Parzellen 692 und 330 grün schraffiert und rot eingerahmt (ca. 1'300 m ²). Grünfläche rot eingerahmt (ca. 550 m ²). Massstab: 1:3'000. (Geoportal des Bundes, 2024) .	17
Abbildung 4: Rebfläche (ca. 1'300 m ²) und Grünfläche (ca. 550 m ²) rot eingerahmt. Massstab: 1:3'000. (Google Maps, 2024).....	17
Abbildung 5: Rebfläche (oben) und Grünfläche (unten) rot eingerahmt. Blickrichtung Nord-Ost von der Wassergass aus in Trasadingen (Google Maps, 2024).....	18
Abbildung 6: Idealtypisches Phasenmodell (Kuster et al., 2011). In dieser Arbeit wird „Nutzung“ als gleichwertiger Prozess wie die blau eingefärbten Prozesse dargestellt.....	20
Abbildung 7: Übersicht der Einmalvergütung ab dem Jahr 2023. (Swissolar, 2023).....	27
Abbildung 8: Oberer Teil: Dieses Diagramm zeigt schematisch, unter welchen Voraussetzungen freistehende PV-Anlagen ausserhalb von Bauzonen errichtet werden dürfen und welche rechtlichen Rahmenbedingungen dabei zu beachten sind. Unterer Teil: Mittels Flussdiagramms können die wichtigsten Kriterien nachvollzogen werden, welche vor einem Bewilligungsverfahren erfüllt werden müssen. (PNA Schaffhausen, 2024). Diese Abbildung ist in grösserer Auflösung im Anhang zu finden.....	35
Abbildung 9: Vereinfachte Darstellung einer modernen APA mit verstellbaren Modulen (Sun'Agri, 2021).	36
Abbildung 10: Gegenüberstellung von monofazialen, bifazialen und semitransparenten Modulen: Während monofaziale Module nur auf einer Seite Sonnenlicht genutzt wird, wird bei bifazialen Modulen auch die Rückseite für reflektiertes Licht genutzt. Semitransparente Module lassen einen Teil des direkten Sonnenlichts hindurch. (Fraunhofer ISE, 2023).....	37
Abbildung 11: Zeitplan BA Agri-PV-Anlage Trasadingen. Stand: Oktober 2024.	57
Abbildung 12: Die Projektorganisation für das Projekt TRA. Auszug aus PPP Kick-off Meeting 27.02.2024.....	58
Abbildung 13: Umfeldanalyse des Projekt TRA. Auszug aus dem Word-Dokument „Umfeldanalyse“	59

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht der durchsuchten Informationsquellen, Suchanfragen und Treffer, sowie möglicher Auswahlkriterien.	11
Tabelle 2: Auswirkungen und Bedingungen, unterteilt in sechs Aspekte. Beispiels-Faktoren von Auswirkungen und Bedingungen zum Bau einer APA im Weinbaugebiet.....	13
Tabelle 3: Das leere Raster dient als strukturierte Grundlage für den Projektablauf. Jede Phase beschreibt die dazugehörigen Aktivitäten, resultierende Dokumente sowie beteiligte Stakeholder.	21
Tabelle 4: Risiken, welche im Zusammenhang mit der Amortisationszeit auftreten können. Tabelle nicht abschliessend. (diveo energy, 2024; Fraunhofer ISE, 2024; LWK NI, 2024).....	28
Tabelle 5: Relevante Rechtsgrundlagen auf nationaler Ebene für den Bau einer APA in der Schweiz.	32
Tabelle 6: Idealtypischer Projektverlauf mit Phasen, Aktivitäten und Ergebnissen (Kuster et al., 2011) mit Ergänzungen und Besonderheiten zu Agri-PV-Projekten im Weinbaugebiet.	39
Tabelle 7: Agenda Kick-Off Meeting Projekt TRA vom 27.02.2024.....	56
Tabelle 8: Die definierten Meilensteine des Projekts TRA. Stand: Oktober 2024.....	57
Tabelle 9: Schwerpunkte der beiden eingegangenen Offerten. Eine dritte Offerte ist ausstehend.	61
Tabelle 10: Die aufgelisteten Punkte wurden im Rahmen einer vereinfachten Standortanalyse thematisiert und im Dokument „Wichtige Projektinformationen“ festgehalten. Nicht alle der thematisierten Punkte wurden dokumentiert.	61

Anhang

Anhangsverzeichnis

Anhang A – Selbständigkeitserklärung

Anhang B – Aufgabestellung (Kopie)

Anhang C – Flussdiagramm Raumplanung: Zonenkonformität und Kriterien für Bewilligung

Anhang D – Stakeholderidentifikation und -analyse

Anhang E – Projekthandbuch und Projektstatus (Auszug)

Anhang F – Projektbescrieb: Nachhaltige Energiegewinnung in den Schaffhauser Rebbergen – Entwicklung von Grundlagen für die Implementierung einer Agri-PV-Anlage

Anhang G – Beispiel Projektvereinbarung

Anhang H – Beispiel Phasen- / Projektabschlussbeurteilung / -bericht

Anhang I – Medienmitteilung

Anhang A – Selbständigkeitserklärung

Erklärung betreffend das selbstständige Verfassen einer Semesterarbeit im Departement Life Sciences und Facility Management

Mit der Abgabe dieser Semesterarbeit versichern die Studierenden, dass sie die Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst haben.

Die unterzeichnenden Studierenden erklären, dass alle verwendeten Quellen (auch Internetseiten) im Text oder Anhang korrekt ausgewiesen sind, d.h. dass die Semesterarbeit keine Plagiate enthält, also keine Teile, die teilweise oder vollständig aus einem fremden Text oder einer fremden Arbeit unter Vorgabe der eigenen Urheberschaft bzw. ohne Quellenangabe übernommen worden sind.

Bei Verfehlungen aller Art treten Paragraf 39 und Paragraf 40 der Rahmenprüfungsordnung für die Bachelor- und Masterstudiengänge an der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften vom 29. Januar 2008 sowie die Bestimmungen der Disziplinarmaßnahmen der Hochschulordnung in Kraft.

Ort, Datum:

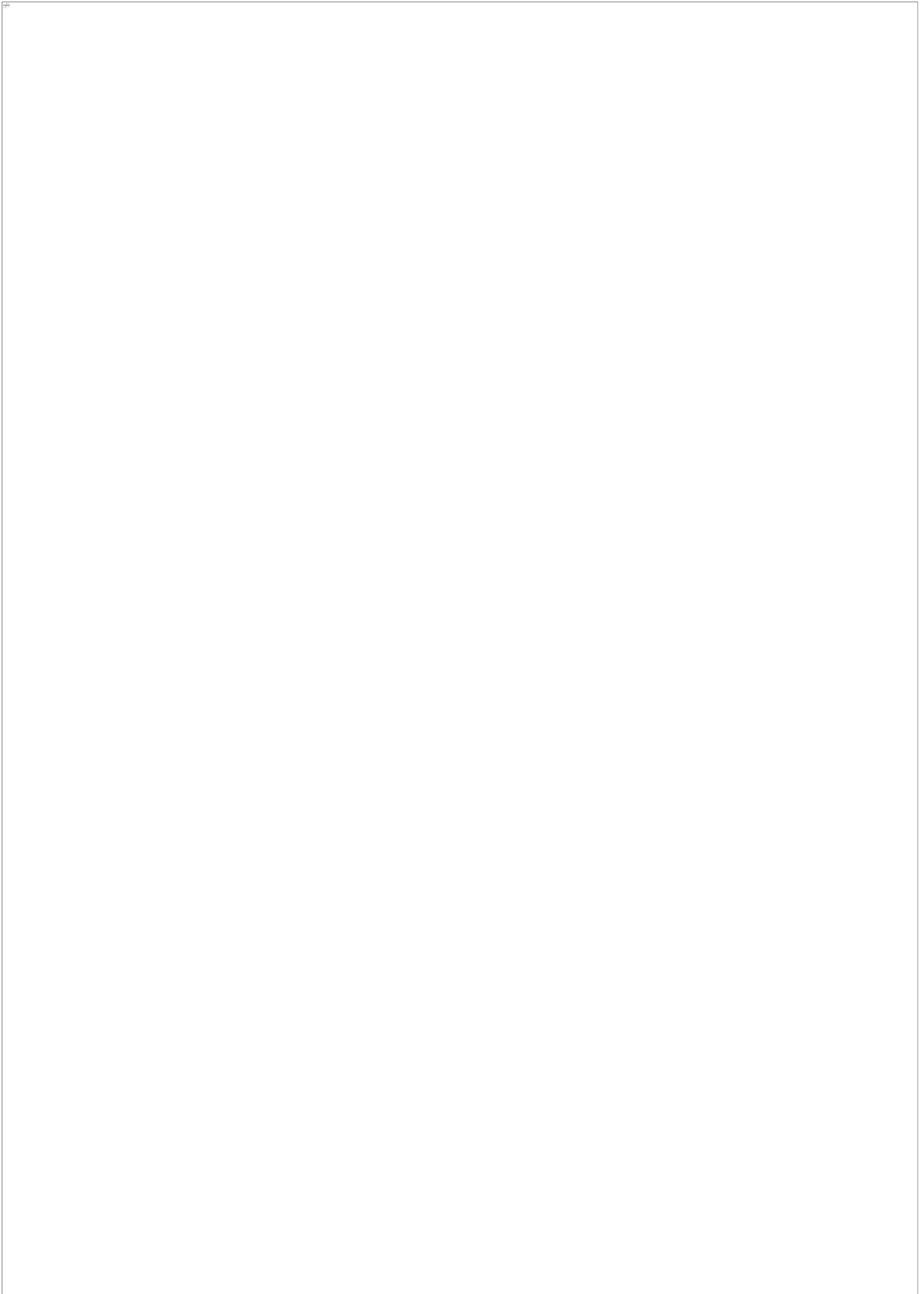
Meilen, 09.01.2025

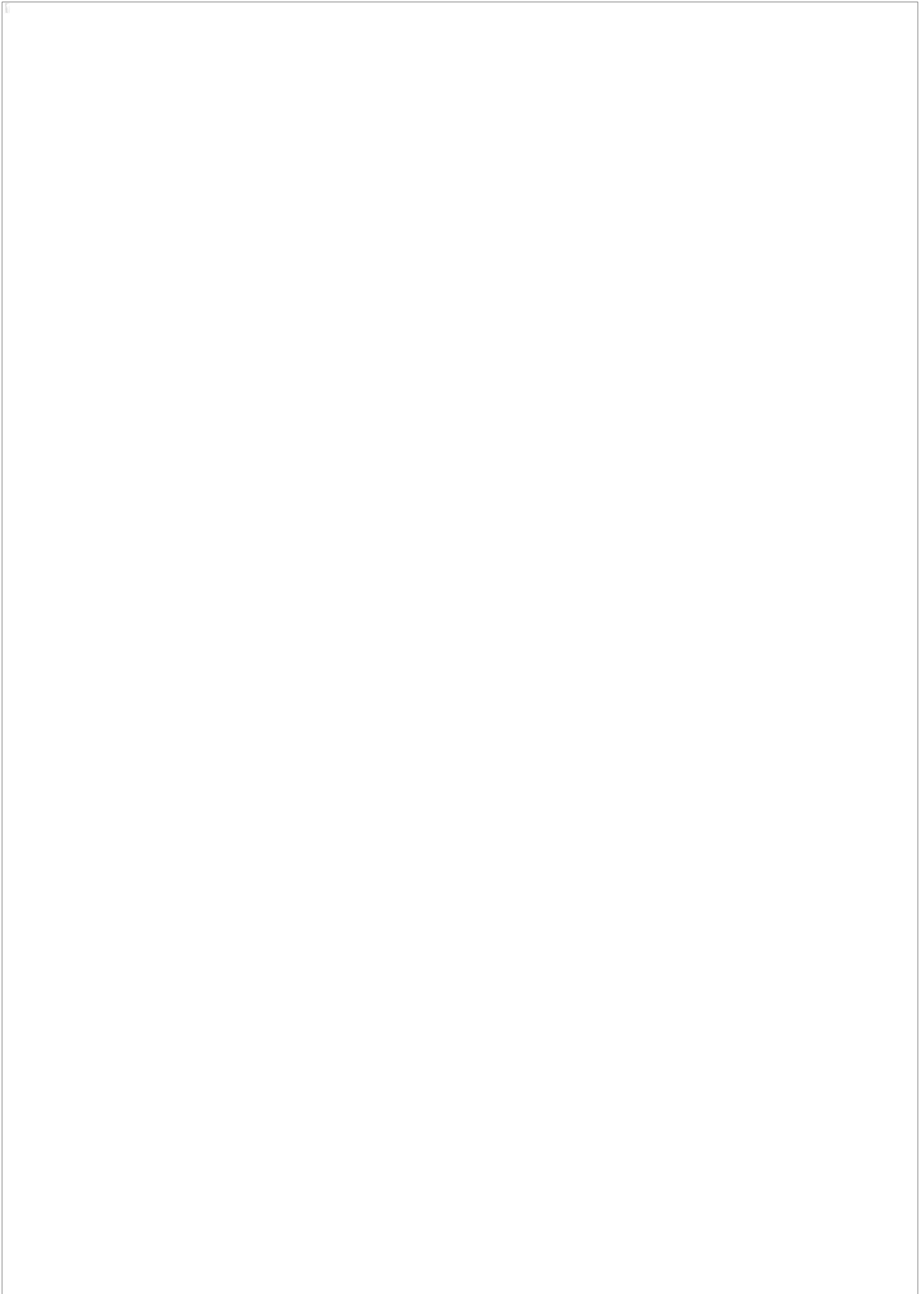
Unterschrift:



Anhang B – Aufgabestellung (Kopie)

Die Kopie der Aufgabestellung in diesem Anhang enthält keine Unterschriften der Studierenden und des Korrektors, da die Aufgabestellung auf complexis.zhaw.ch elektronisch signiert wurde und abrufbar ist.



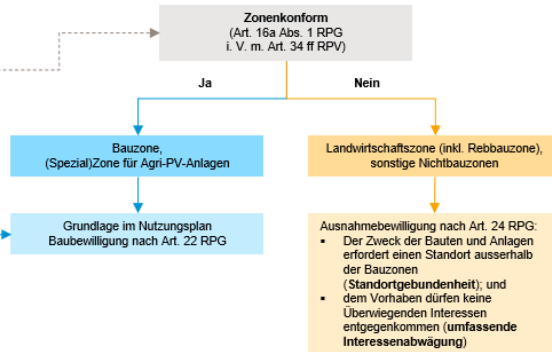


Anhang C – Flussdiagramm Raumplanung: Zonenkonformität und Kriterien für Bewilligung

Dieses Diagramm zeigt schematisch, unter welchen Voraussetzungen freistehende PV-Anlagen ausserhalb von Bauzonen errichtet werden dürfen und wie sich das rechtlich einordnen lässt.

Es wird zwischen zonenkonformen und nicht zonenkonformen Vorhaben unterschieden. Für freistehende PV-Anlagen in der Landwirtschaftszone wird festgehalten, dass sie aufgrund bundesrechtlicher Vorgaben in der Regel nicht zonenkonform sind, weil sie nicht als notwendige Infrastruktur zur landwirtschaftlichen Bewirtschaftung gelten. (Im RPG wird keine Bestimmung beschrieben, gemäss welcher freistehende Agri-PV-Anlagen in der Landwirtschaftszone als zonenkonform gelten.)

Zonenkonforme Projekte können auf Basis einer entsprechenden Nutzungsplanung bewilligt werden, wenn beispielsweise eine spezielle Zonenausweisung („Spezialzone für Agri-PV-Anlagen“) vorliegt. Dann erfolgt die Baubewilligung nach Art. 22 RPG in der Bauzone.



Nicht zonenkonforme Projekte erfordern eine Ausnahmebewilligung. Dies bezieht sich typischerweise auf die Landwirtschaftszone (einschliesslich Rebbaubzone) und sonstige Nichtbauzonen. Damit diese erteilt werden kann, müssen die beiden Bedingungen Standortgebundenheit und Interessensabwägung erfüllt sein.

Seit dem 1. Juli 2022 gilt Art. 32c RPV: Damit soll die Standortgebundenheit von Solaranlagen mit **Netzanschluss** ausserhalb der Bauzonen erleichtert werden. Gemeint sind ausdrücklich Solaranlagen, die nicht im Inselbetrieb laufen. Diese können insbesondere dann als standortgebunden gelten, wenn sie in **wenig empfindlichen** Gebieten **Vorteile für die landwirtschaftliche Produktion** bewirken oder für Forschungs- und Versuchszwecke genutzt werden. In solchen Fällen muss jedoch (sofern eine Planungspflicht besteht) ein passender Planungsgrundlagenachweis erbracht werden, und es braucht immer eine umfassende Interessenabwägung.

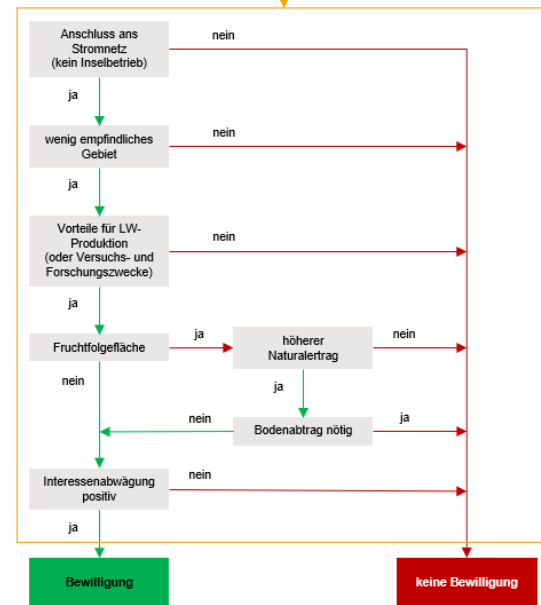
Fallen die Bewilligungsgrundlagen dahin, so müssen die entsprechenden Anlagen und Anlagenteile zurückgebaut werden. Das bedeutet, dass die Anlage wieder entfernt oder abgebaut werden muss, sobald die rechtliche Grundlage für ihre Errichtung wegfällt. Typischerweise kann das dann der Fall sein, wenn

- eine befristete Bewilligung abläuft,
- sich die Nutzung ändert, sodass der ursprüngliche Zweck (z. B. Forschungs- oder Versuchscharakter) nicht mehr gegeben ist,
- oder andere Bewilligungsvoraussetzungen nicht mehr erfüllt sind

In solchen Situationen schreibt das Gesetz vor, dass die betreffende Anlage (oder die entsprechenden Anlagenteile) zurückgebaut wird, um den ursprünglichen Zustand wiederherzustellen.

In zwei Fällen kann von einem Rückbau abgesehen werden:

- Bewilligte Verlängerung für Versuchs- und Forschungszwecke
- Nachweis, dass Vorteile für die Landwirtschaftliche Produktion bestehen.



Anhang D – Stakeholderidentifikation und -analyse

Auszug aus dem Excel-Dokument „Stakeholderanalyse“.

Projektname Nachhaltige Energiegewinnung in den Schaffhauser Rebbergen Projekt ID TRA Auftraggeber Verein Landenergie Schaffhausen & Regionaler Naturpark Schaffhausen Projektleiter David Bucher Starttermin 25.01.2024 Endtermin 09.01.2025 Aktuelles Datum 11.01.2025						
Stakeholder / -gruppe	Bezug zum Projekt	Ziele und Interessen	Einfluss- potenzial	Interesse / Support	Handlungsbedarf	Massnahmen
Projektteam (siehe Abschnitt "Projektteam")	direktes Personal	Projektleitung, Projekterfolg, Werkvertrag	4	4	Stakeholder eng führen	regelmässig informieren
Landenergie Schaffhausen		Projekterfolg	2	4	Stakeholder informieren	
Regionaler Naturpark Schaffhausen			2	4	Stakeholder informieren	
Kessler Werkzeugbau AG	Stromabnahme	Eigene Stromproduktion	4	4	Stakeholder eng führen	Aufwand/Nutzen gut kommunizieren.
Kessler Martin	FDP Regierungsrat Kt. SH & Energieminister	?	4	4	Stakeholder eng führen	
Kessler Viktor	VR & Geschäftsführer Kessler Werkzeugbau AG	Eigene Stromproduktion	4	4	Stakeholder eng führen	analog Kessler Werkzeugbau
Kessler Walter	Gründer Kessler Werkzeugbau AG & Besitzer Rebparzelle 962	?	4	4	Stakeholder eng führen	analog Kessler Werkzeugbau
Brühlmann Christian	Pächter Rebparzelle 962	Innovation, neue Rebanlage	4	4	Stakeholder eng führen	analog Kessler Werkzeugbau
CH Bauernverband			2	1	Stakeholder überwachen	
SH Bauernverband			2	1	Stakeholder überwachen	
ZHAW Wädenswil	BA David Bucher	Forschung Regenerative Landwirtschaftssysteme	1	1	Stakeholder überwachen	
Energiefachstelle SH / TG (Rainer Jahnke)			2	1	Stakeholder überwachen	
Gemeindepräsident Trasadingen (Werner Haas)			3	1	Stakeholder zufriedenstellen	
Amt für Natur- und Heimatschutz			2	1	Stakeholder überwachen	
Amt für Landwirtschaft Kt. SH (Hannes Schärner)		Einhaltung Regeln, Richtlinien etc.	2	1	Stakeholder überwachen	
Unmittelbare Nachbarn			2	1	Stakeholder überwachen	
Amt für Planung- und Naturschutz SH (Kantonsplaner, Dominik Brunner)		Raumplanung	3	1	Stakeholder zufriedenstellen	
Pletscher Metallbau AG - Schleithelm (Reto Wetter - Geschäftsführer & Inhaber)	Umsetzung d. Auftrags, Konstruktion & Bau der Agrar- Bauauftrag & Reputation PV Anlage		1	1	Stakeholder überwachen	
Natur- und Heimatschutzkommission			2	1	Stakeholder überwachen	
SAK (Schweizerische Avifaunistische Kommission > Vogelschutz)			1	1	Stakeholder überwachen	
Rebbaugenossenschaft (Präsident: Hannes Schärner)			2	1	Stakeholder überwachen	
Verein Schaffhauser Blauburgunderland			1	1	Stakeholder überwachen	
EKS SH	Trafostation (Gebäude 234)		1	1	Stakeholder überwachen	Trafostation wird aktuell nicht benötigt.
Öffentlichkeit			1	1	Stakeholder überwachen	Professionelles Projektmarketing, Besichtigungen, Aufwand/Nutzen gut kommunizieren. Zeitungsartikel, Informationsschreiben, etc. bereithalten
Martina Munz (SP Nationalrätin, Mitglied UREK, WBK, etc.)			3	3	Stakeholder eng führen	www.martinamunz.ch

Anhang E – Projekthandbuch und Projektstatus (Auszug)



Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften
Departement Life Sciences und Facility Management
IUNR
Campus Grüental, 8820 Wädenswil

Organisationseinheit
Ersteller: David Bucher
Freigeber: David Bucher
Gültig ab: 04.03.2024

Projekthandbuch

Nachhaltige Energiegewinnung in den Schaffhauer Rebbergen

Entwicklung von Grundlagen für die Implementierung einer Agri-PV-Anlage

Inhaltsverzeichnis

1	Projektstatus.....	4
2	Projektinitialisierung & Definition.....	6
2.1	Ausgangslage, Bedürfnisse & Handlungsrahmen.....	6
2.2	Projektziel	9
2.3	Projektbezeichnung.....	11
2.4	Projektauftrag.....	11
2.4.1	Erwartungen.....	13
2.4.2	Anforderungen	13
2.4.3	Umfang	14
2.4.4	Abgabeform der Bachelorarbeit.....	14
2.4.5	Kosten.....	14
2.5	Chancen / Risiken und Herausforderungen.....	14
2.5.1	Klimatische Bedingungen.....	14
2.5.2	Technische Herausforderungen	16
2.5.3	Ökologische und agronomische Einflüsse.....	17
2.5.4	Rechtliche und regulatorische Faktoren	19
2.5.5	Sozioökonomische Aspekte	20
2.5.6	Finanzielles Risiko	21
2.5.7	Monitoring und Anpassung.....	22
2.5.8	Technologische und operationale Flexibilität.....	22
2.6	Chancen und Herausforderungen	23
2.6.1	Klimatische Bedingungen.....	23
2.6.2	Bodenökologische und agronomische Einflüsse	24
2.6.3	Technische Faktoren.....	25
2.6.4	Sozioökonomische Aspekte	26
2.6.5	Erfahrungsbericht.....	26
3	Projektorganisation.....	27
3.1	Projektteam.....	27
3.2	Projektorganisation	27
3.3	Projektumfeld.....	28
4	Umfeldanalyse	30
5	Stakeholderanalyse.....	31
6	Zeitplan & Termine	32
7	Machbarkeit	34
7.1	Agronomischer Aspekt	34

7.2	Technischer Aspekt.....	34
7.3	Rechtlicher Aspekt.....	34
7.4	Geographisches Potenzial.....	34
7.5	Empfehlungen.....	35
7.6	Offerte Begleitforschung.....	35
8	Fazit.....	36
9	Kommunikationsplan.....	38
10	Risikomanagement.....	39
11	Offene Punkte.....	40
12	Abnahmekriterien & Qualitätsanforderungen.....	41
13	Projektabschluss.....	42
14	Literaturverzeichnis.....	43
15	Abbildverzeichnis.....	44
16	Tabellenverzeichnis.....	45
17	Anhang.....	46
17.1	Zuständigkeiten.....	46
17.2	Externe Dokumente.....	46

Projektstatus		Nachhaltige Energiegewinnung in den Schaffhauser Rebbergen			
Woche	Aktivitäten der Woche	Nächste Schritte	Risiken in Ampelfarben: Gefährlich halbwegs im Griff gelöst	Status ⊖ ○ ⊕	Entscheidungs- und Eskalationsbedarf

Woche	Aktivitäten der Woche	Nächste Schritte	Risiken	Sts	Massnahme
KW 20 12. Woche	- Gespräch mit Hansueli - Weitere Offerte eingeholt für Verankerung	- Kriterienkatalog und Dossier erstellen für Fördergelder - Definition «Forschungsprojekt» - Evaluation Körperschaft (GmbH oder AG) - Längerfristige Einbindung von Kessler AG - Kommunikationsplan: Mitteilung für lokale Medien bereitstellen - Bodenprobe Parzelle TRA	- Literaturrecherche - Verhaltendes Vorgehen von Kessler AG - Wenig tiefes Bodenprofil (Fels)	○	
KW 19 11. Woche	- Kommunikationsplan - Umfeldanalyse	- Risikomanagement - Zeitplan aktualisieren - Weitere Arbeitspakete definieren - Kommunikationsplan ausarbeiten - Umfeldanalyse ergänzen - Stakeholderanalyse ergänzen	- Literaturrecherche - Umfeldanalyse	○	
KW 18 10. Woche	- Erhalt Offerte Pletscher - Hansueli Kontakt mit SP Nationalrätin Martina Munz - Stakeholderanalyse	- Fördergelder akquirieren - Umfeldanalyse	- Kommunikationsplan - Stakeholderanalyse - Literaturrecherche	○	
KW 17 9. Woche	- Weitere Arbeitspakete definiert	- Kommunikationsplan - Stakeholderanalyse	- Offerte PV-Anlage - Literaturrecherche	○	
KW 16 8. Woche	- Besuch Parzelle Trasadingen	- Offerte und Zeichnung der PV-Anlage von Pletscher Metallbau AG - Kosten schätzen - Geologische Abklärungen - Kommunikation sicherstellen	- Netzwerk - Literaturrecherche	○	
KW 15 7. Woche	- Benachrichtigung Verzögerung - Literaturrecherche von David - Vorbereitung Besuch Parzelle TRA	- Literaturrecherche	- Verzögerung - Vorbereitung Besuch Parzelle	⊖	Literaturrecherche parallel zur «Projektübersicht Trasadingen»
KW 13 5. Woche	- Literaturrecherche	- Literaturrecherche - Beginn Vorbereitung Besuch Trasadingen	-	○	
KW 11 3. Woche	- Literaturrecherche - Projektjournal erstellen	- Literaturrecherche	- Literaturrecherche - Termin Besichtigung definiert - Projektjournal erstellt	○	
KW 9 1. Woche	- Kick-off Meeting durchgeführt - Erwartungen definiert - Grobziele geprüft und abgeglichen	- Literaturrecherche - Kommunikationsplan erstellen - Termin definieren für Besichtigung - Projektjournal erstellen	- Literaturrecherche - Verfügbarkeiten David		
27.02.2024	Kick-off Meeting als Woche 1 definiert			⊖ ○ ⊕	

Autor	David Bucher	Erstellungsdatum	04.03.2024
Dokumentenname	Projektstatus TRA.docx	Seite	2

2 Projektinitialisierung & Definition

2.1 Ausgangslage, Bedürfnisse & Handlungsrahmen

- Wie kam es zur Projektidee?
- Welches Problem ist aufgetreten?
- Wie wurde damit in der Vergangenheit umgegangen?
- Wieso besteht Handlungsbedarf?
- In welche längerfristige Strategie soll das Projekt eingebunden werden?
- Wo stehen wir?
- Mögliches Vorgehen?
- Welche Zusammenhänge und Mechanismen sind im Problemfeld?

Der Verein Landenergie Schaffhausen hat das ambitionierte Ziel, die ersten Schritte zur Realisierung einer Agri-PV-Anlage in den Rebbergen der Region Schaffhausen zu unternehmen. In dieser Bachelor-Arbeit soll untersucht werden, welche wesentlichen Schritte notwendig sind, um eine solche Anlage erfolgreich zu planen und zu implementieren.

Dabei soll folgende Forschungsfrage behandelt werden:

Warum braucht es Agri-PV-Anlagen und welche Schritte sind in den folgenden Bereichen nötig, um eine Agri-PV-Anlage zu realisieren:

- Rechtlich
- Raumplanerisch
- Technisch
- Ökonomisch
- Ökologisch

Autor	Bucher David	Erstellungsdatum	04.03.2024
Dokumentenname	Projekthandbuch BA_Nachhaltige Energiegewinnung in den Schaffhauser Rebbergen.docx	Seite	6

Anhang F – Projektbeschreibung: Nachhaltige Energiegewinnung in den Schaffhauser Rebbergen – Entwicklung von Grundlagen für die Implementierung einer Agri-PV-Anlage

Zürcher Hochschule
für Angewandte Wissenschaften



Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften
Departement Life Sciences und Facility Management
IUNR
Campus Grüental, 8820 Wädenswil

Organisationseinheit
Ersteller: David Bucher
Freigeber: David Bucher
Gültig ab: 02.09.2024
Revisionsdatum: 08.11.2024

Kontakt
Verein Landenergie Schaffhausen
Hansueli Graf
+41 79 209 15 89
praesident@landenergie-sh.ch

Projektbescrieb

Nachhaltige Energiegewinnung in den Schaffhauser Rebbergen

Entwicklung von Grundlagen für die Implementierung einer Agri-PV-Anlage

Auszug aus dem Dokument *Projekthandbuch BA_Nachhaltige Energiegewinnung in den Schaffhauser Rebbergen* (Bucher, 2024)

Inhaltsverzeichnis

1	Projektorganisation.....	3
1.1	Projektteam	3
1.2	Projektorganisation	3
2	Zeitplan & Termine	4
3	Projektidee	5
3.1	Ausgangslage, Bedürfnisse & Handlungsrahmen	5
3.2	Projektziel	7
3.3	Projektbezeichnung	8
4	Projektauftrag	9
4.1	Erwartungen	10
4.2	Anforderungen	10
5	Chancen und Herausforderungen	11
5.1	Klimatische Bedingungen	11
5.2	Bodenökologische und agronomische Einflüsse	12
5.3	Technische Faktoren	14
5.4	Sozioökonomische Aspekte	14
5.5	Erfahrungsbericht	15
6	Machbarkeit	16
6.1	Agronomischer Aspekt	16
6.2	Technischer Aspekt	16
6.3	Rechtlicher Aspekt	16
6.4	Geographisches Potenzial	16
6.5	Empfehlungen	16
6.6	Offerte Begleitforschung	17
7	Fazit	18
8	Literaturverzeichnis	20

1 Projektorganisation

1.1 Projektteam

Tabelle 1: Aufstellung Projektteam

Rolle	Aufgaben
Auftraggeber	Verein Landenergie Schaffhausen & Regionaler Naturpark Schaffhausen
Projektleiter	David Bucher
Teilprojektleiter A-C	David Bucher
Mitglied Projektteam	Hansueli Graf
Support	Hansueli Graf Christoph Müller Simone Reinhart (bis November 2024) Matthias Baumann
Lenkungsausschuss	Christoph Müller Simone Reinhart (bis November 2024) Matthias Baumann

1.2 Projektorganisation

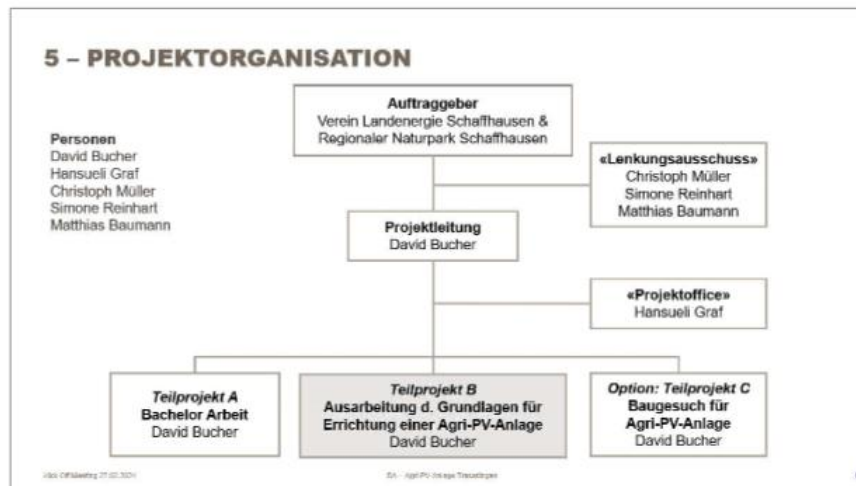


Abbildung 1: Projektorganisation. Auszug aus PPP Kick-off Meeting 27.02.2024

Autor	Bucher David	Erstellungsdatum	02.09.2024
Dokumentenname	Projektbeschrieb_Nachhaltige Energiegewinnung in den Schaffhauser Rebbergen.docx	Seite	3

2 Zeitplan & Termine

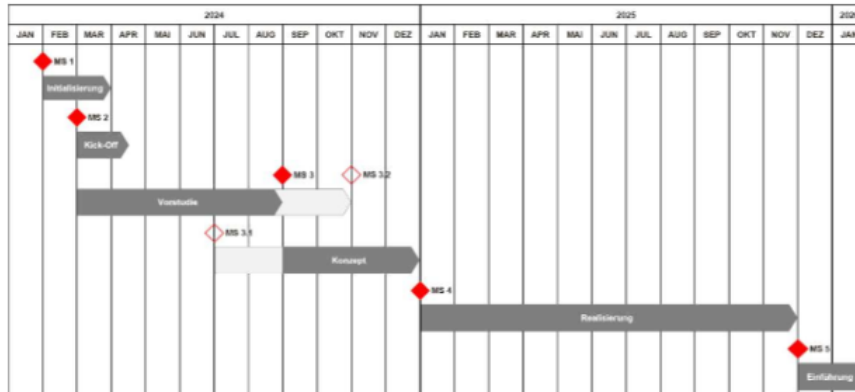


Abbildung 2: Zeitplan BA Agri-PV Anlage TRA. Stand: Oktober 2024.

Meilensteine	Datum	Definition
◆ MS 1	27.02.2024	Initialisierung / Projektstart
◆ MS 2	01.03.2024	Kick-Off Meeting / Beginn Vorstudie
◆ MS 3	01.09.2024	Ende Vorstudie / Beginn Konzeptphase
◇ MS 3.1	01.11.2024	Ende Vorstudie (gem. agilem Projektmanagement)
◇ MS 3.2	01.07.2024	Beginn Konzeptphase (gem. agilem Projektmanagement)
◆ MS 4	Januar 2025	Ende Konzeptphase / Einreichen Baugesuch
	09.01.2025	Abgabe Bachelorarbeit
◆ MS 5	Dezember 2025	Einführungsphase
	Sommer 2026	Baubeginn
◆ MS 6	Herbst 2026	Projektende

Autor	Bucher David	Erstellungsdatum	02.09.2024
Dokumententname	Projektbeschrieb_Nachhaltige Energiegewinnung in den Schaffhauser Rebbergen.docx	Seite	4

3 Projektidee

3.1 Ausgangslage, Bedürfnisse & Handlungsrahmen

Der Verein Landenergie Schaffhausen hat das ambitionierte Ziel, die ersten Schritte zur Realisierung einer Agri-PV-Anlage in den Rebbergen der Region Schaffhausen zu unternehmen. In dieser Bachelor-Arbeit soll untersucht werden, welche wesentlichen Schritte notwendig sind, um eine solche Anlage erfolgreich zu planen und zu implementieren.

Dabei soll folgende Forschungsfrage behandelt werden:

Warum braucht es Agri-PV-Anlagen und welche Schritte sind in den folgenden Bereichen nötig, um eine Agri-PV-Anlage zu realisieren:

- Rechtlich
- Raumplanerisch
- Technisch
- Ökonomisch
- Ökologisch

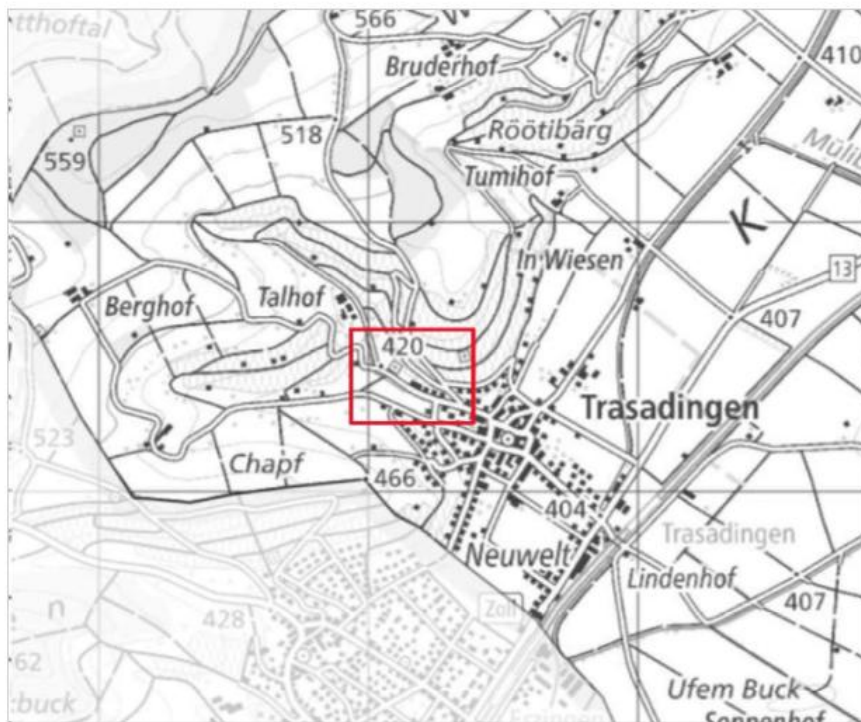


Abbildung 3: Standort Trasadingen, Kanton Schaffhausen. Die für das Projekt berücksichtigten Parzellen befinden sich in der rot markierten Fläche. Massstab: 1:20'000 (Linienabstand: 1 km). (Geoportal des Bundes, 2024)

Autor	Bucher David	Erstellungsdatum	02.09.2024
Dokumentenname	Projektbeschrieb_Nachhaltige Energiegewinnung in den Schaffhauser Rebbergen.docx	Seite	5



Abbildung 4: Ausschnitt der vorherigen Karte. Betroffene Flächen auf den Parzellen 692, 330 und 329 in Trasadingen rot eingerahmt. Massstab: 1:3'000. (Geoportal WebGIS-Thurgau, 2024)

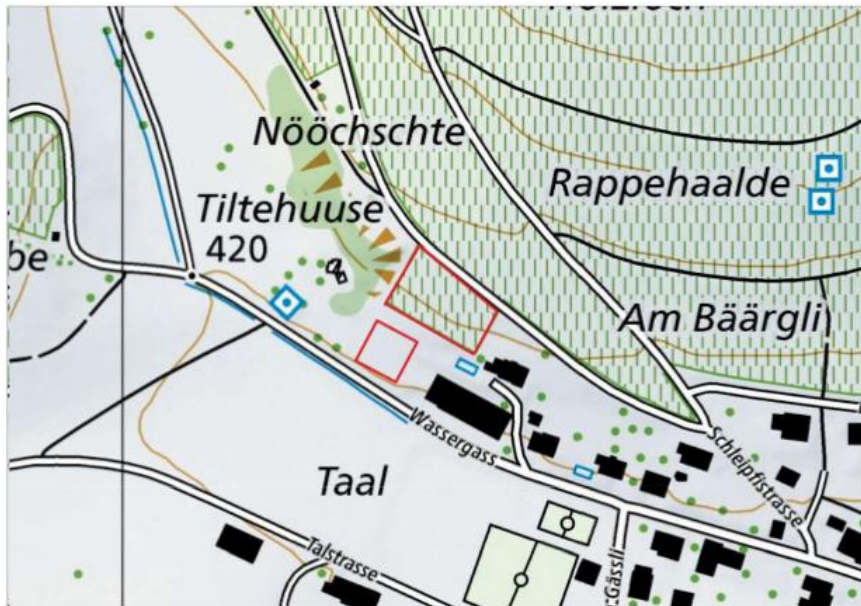


Abbildung 5: Rebfläche der Parzellen 692 und 330 grün schraffiert und rot eingerahmt (ca. 1'300 m²). Grünfläche rot eingerahmt (ca. 550 m²). Massstab: 1:3'000. (Geoportal des Bundes, 2024)

Autor	Bucher David	Erstellungsdatum	02.09.2024
Dokumententname	Projektbeschrieb_Nachhaltige Energiegewinnung in den Schaffhauser Rebbergen.docx	Seite	6



Abbildung 7: Skizze MBR-Solar vom 14.09.2024 "PV-Anlage Landenergie Schaffhausen". Modulfläche Reben (oben) 900-1'100 m² und Modulfläche Grünland (unten) ca. 550 m². (MBR Solar, 2024)

3.3 Projektbezeichnung

Nachhaltige Energiegewinnung in den Schaffhauser Rebbergen:
 Entwicklung von Grundlagen für die Implementierung einer Agri-PV-Anlage»

Autor	Bucher David	Erstellungsdatum	02.09.2024
Dokumententname	Projektbeschrieb_Nachhaltige Energiegewinnung in den Schaffhauser Rebbergen.docx	Seite	8

4 Projektauftrag

Tabelle 2: Auszug aus Dokument «Projektauftrag TRA.docx». (Stand: Mai 2024)

Teilprojekt A	Bachelorarbeit & Projektdefinition
Projektbezeichnung	Nachhaltige Energiegewinnung in den Schaffhauser Rebbergen Das Projekt erfolgt im Rahmen einer Bachelorarbeit der ZHAW Wädenswil.
Projektidee	Entwicklung von Grundlagen für die Implementierung einer Agri-PV-Anlage
Grundlagen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Grösstenteils Literaturrecherche ▪ Keine bestehenden Konzepte ▪ Keine bis wenig vorhandenen Grundlagen in der Schweiz. ▪ Kleinprojekt am Walensee & Kleinprojekt der ZHAW. ▪ Diverse Anlagen im Obst und Beerenbau.
Ziele (Sachziele, Terminziele, Kostenziel. Wie kann das Ziel erreicht werden?)	<p>Übersicht und Eigenschaften von bestehenden Agri-PV-Anlagen (Recherche, Auflistung und Analyse der Auswirkungen).</p> <p>Planung und Entwicklung einer Agri-PV-Anlage für den Standort Trasadingen und Einreichen der Baubewilligung.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ideenfindung und Konzeption ▪ Projektinitiierung ▪ Projektplanung ▪ Baubewilligung <p>Dokumentation, Prozessgestaltung und Definition.</p> <p>Projektplanung und Konzipierung eines ausführlichen Flussdiagramms (von der Idee bis zur Umsetzung) einer Agri-PV-Anlage in einem Rebberg in Trasadingen.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Rechtlich ▪ Raumplanerisch (Vorgehen auf Gemeindeebene) ▪ Technisch ▪ Ökonomisch ▪ Ökologisch
Abgrenzungen	Projektumsetzung ist nicht Teil der Arbeit. Berechnungen von Statik u.Ä.
Teilprojekt B	Ausarbeitung d. Grundlagen für Errichtung einer Agri-PV-Anlage
Anspruchsgruppen (Stakeholder)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ZHAW Wädenswil ▪ Landenergie Schaffhausen ▪ Regionaler Naturpark Schaffhausen ▪ Landwirtschaftsamt Schaffhausen ▪ Kessler Werkzeugbau ▪ Gemeinde Trasadingen ▪ Energiefachstelle Schaffhausen ▪ PNA Planungs- und Naturschutzamt Schaffhausen ▪ SAK (Schweizerische Avifaunistische Kommission > Vogelschutz) ▪ Pächter und Inhaber der Parzelle 692 ▪ Inhaber Parzellen 329 und 330
Teilprojekt C	Baugesuch für Agri-PV-Anlage
Dokumentenbeschaffung	Notwendige Dokumente für Baugesuch beschaffen und ausfüllen

Autor	Bucher David	Erstellungsdatum	02.09.2024
Dokumententname	Projektbeschrieb_Nachhaltige Energiegewinnung in den Schaffhauser Rebbergen.docx	Seite	9

4.1 Erwartungen

Erwartet wird eine zeitgerechte Abgabe der Bachelorarbeit, eine reale und funktionale Projektleitung sowie eine monatliche Informierung des Projektstatus.

4.2 Anforderungen

Das Betriebshandbuch sowie die Prozesse sollten erweiterbar sein, um Anpassungen an neue Anforderungen oder Technologien zu ermöglichen. Änderungen müssen dabei möglich sein, allerdings sollte dies durch ein kontrolliertes Change-Management (Änderungsmanagement) mit entsprechender Dokumentation und Rücksprache erfolgen. Prozessprolongationen (Verlängerungen) sollten dokumentiert sowie nahtlos und effizient implementiert werden, ohne das Projekt zu beeinträchtigen. Toleranzen sollten dabei akzeptiert werden, solange sie ebenfalls nicht die Gesamtleistung oder das Projektziel beeinträchtigen.

Autor	Bucher David	Erstellungsdatum	02.09.2024
Dokumentenname	Projektbeschrieb_Nachhaltige Energiegewinnung in den Schaffhauser Rebbergen.docx	Seite	10

5 Chancen und Herausforderungen

5.1 Klimatische Bedingungen

Herausforderung	Kausalität	Agri-PV als Chance
Klimawandel	<p>Ursache Veränderte Wetterbedingungen, häufige Extremwittersituationen und veränderte Wettermuster</p> <p>Auswirkung Unvorhersehbare Ertragsschwankungen; Schäden an Pflanzen; Planungsunsicherheit</p>	<p>Vielversprechende Lösung zur Minderung der Risiken und zur Förderung einer nachhaltigen und zukunftssicheren Landwirtschaft.</p> <p>Agri-PV trägt wesentlich dazu bei, die Resilienz der Landwirtschaft gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels zu stärken. Durch die Diversifizierung der Einkommensquellen, den Schutz der Pflanzen, die effiziente Flächennutzung und die Integration mit erneuerbaren Energien werden die Risiken und Herausforderungen des Klimawandels reduziert.</p>
Hitzestress für Reben	<p>Ursache Extreme Hitzeperioden und hohe Temperaturen</p> <p>Auswirkung Sonnenbrand an Trauben und Blättern; Reduktion Photosyntheserate; Qualitätsverluste und Ertragsminderungen</p>	<p>Regulierte Temperaturen um die Reben und reduzierter Hitzestress durch bewusste Beschattung.</p> <p>Agri-PV-Module bieten natürliche Beschattung, die die direkte Sonneneinstrahlung auf die Reben reduziert. Dies senkt die Umgebungstemperatur und mindert den Hitzestress, wodurch die Vitalität der Reben erhöht wird. Zusätzlich kann die reduzierte Hitze die Stabilität der Traubenqualität fördern und zu gleichmäßigeren Erträgen führen.</p>
Frostbildung	<p>Ursache Natürliche Abstrahlung der Erdoberfläche; Wärmeverlust; Ansammlung von Kaltluft</p> <p>Auswirkung Frostschäden an Pflanzen und Beeren; physiologischer Schockzustand der Rebe; kurzzeitige Einstellung von Wachstum und Entwicklung; Ertragsverluste</p>	<p>Reduktion von Frostschäden durch Optimierung der Abstrahlung der Erdoberfläche.</p> <p>Durch den Einsatz von Agri-PV lässt sich der Wärmehaushalt optimieren und der Wärmeverlust verringern. Indem die Umgebungstemperatur der Reben stabil gehalten wird, kann das Risiko von Frostschäden reduziert werden. Darüber hinaus ermöglicht eine gezielte Platzierung der Module eine verbesserte Luftzirkulation und einen effektiveren Abfluss von Kaltluft, was ebenfalls zur Minimierung von Frostrisiken beiträgt.</p>

Autor	Bucher David	Erstellungsdatum	02.09.2024
Dokumententname	Projektbeschrieb_Nachhaltige Energiegewinnung in den Schaffhauser Rebbergen.docx	Seite	11

Herausforderung	Kausalität	Agri-PV als Chance
Hagelschäden an Reben	<p>Ursache Hagel und Extremwetterereignisse</p> <p>Auswirkung Hagelschäden; physiologischer Schockzustand der Rebe, kurzzeitige Einstellung von Wachstum und Entwicklung; erhöhter Krankheitsbefall; Ernteverluste</p>	<p>Schutz für Reben und reduzierte Hagelschäden. Agri-PV-Module bieten physischen Schutz vor Hagel, indem sie als Barriere fungieren, die direkte Schäden an den Reben verhindert. Finanzielle Verluste durch Hagelschäden an den Reben werden somit reduziert und die Wirtschaftlichkeit des Weinbaus langfristig gestärkt.</p>

5.2 Bodenökologische und agronomische Einflüsse

Herausforderung	Kausalität	Agri-PV als Chance
Verzögerter Reifezeitpunkt durch Beschattung	<p>Ursache Beschattung durch PV-Module über den Reben</p> <p>Auswirkung Reduzierte Lichtverhältnisse; Reduktion der Photosynthese; reduziertes Pflanzenwachstum; längere Reifeperioden der Beeren, grössere Blätter</p>	<p>Mittels PV-Modulen kann der Reifezeitpunkt der Beeren bewusst hinausgezögert werden. Der optimale Einsatz PV-Modulen ermöglicht eine bewusste Verzögerung des Reifezeitpunkts der Beeren, indem sie durch Beschattung die Temperatur senken und die Lichtintensität gezielt reduzieren. Dies führt zu einer langsameren und gleichmässigeren Reifung der Beeren, was die optimale Entwicklung von Aromen, Geschmackstoffen, Komplexität sowie Struktur unterstützt. Habitus: Die Rebe kompensiert die reduzierten Lichtverhältnisse und bildet grössere Blätter aus.</p>
Gleichmässige Bodenfeuchtigkeit	<p>Ursache Partielle oder ungleichmässige Besonnung des Bodens aufgrund Schattenwurfes der Module</p> <p>Auswirkung Heterogene Verdunstung; homogene Bodenfeuchtigkeit; reduzierte Verdunstungsrate; verringerter Bewässerungsbedarf</p>	<p>Effizienter Wasserverbrauch und regulierter Bewässerungsbedarf der Reben durch Agri-PV. Agri-PV reduziert die Verdunstungsrate durch gezielte Beschattung von Pflanzen und Boden, was eine gleichmässige Bodenfeuchtigkeit fördert. Durch die Kombination von Agri-PV mit Bewässerungssystemen kann der Wasserverbrauch reguliert und effizient gestaltet werden. Die Verwendung von bodendeckenden Pflanzen kann diesen Vorgang unterstützen.</p>

Autor	Bucher David	Erstellungsdatum	02.09.2024
Dokumentenname	Projektbeschrieb_Nachhaltige Energiegewinnung in den Schaffhauser Rebbergen.docx	Seite	12

Herausforderung	Kausalität	Agri-PV als Chance
Pflanzenkrankheiten	<p>Ursache Niederschlag; hohe Feuchtigkeit; geringe Luftzirkulation</p> <p>Auswirkung Nasse Pflanzen; Pilzwachstum; Krankheitseinbrüche, Ertragsverluste</p>	<p>Weniger Befall von Botrytis, Falschem und Echtem Mehltau, da die Reben bei Niederschlag trocken bleiben.</p> <p>Agri-PV kann das Risiko von Pilzkrankheiten wie Falschem Mehltau reduzieren, indem die direkte Exposition der Reben gegenüber Niederschlag verringert wird und die Pflanze somit trocken oder weniger lange nass bleiben. Die Beschattung durch die Module reguliert die Feuchtigkeit und je nach Design der Anlage könnte eine bessere Luftzirkulation gefördert werden, was das Pilzwachstum hemmen würde.</p>
Erosion	<p>Ursache konzentrierter Wasserabfluss; nicht bedeckter Boden</p> <p>Auswirkung Verlust von fruchtbarem Boden; Beeinflussung der Mikroorganismen; gestörte Nährstoffzyklen</p>	<p>Erosion wird reduziert, indem das Bodenmikrobiom durch ein optimales Mikroklima stabilisiert wird.</p> <p>Agri-PV trägt zur Stabilisierung des Bodens bei, indem die Beschattung das Mikroklima positiv beeinflusst und die Bodenfeuchtigkeit reguliert. Der kontrollierte Wasserabfluss durch die Module verhindert eine übermäßige Erosion und erhält die Bodenstruktur. Bodenverbesserungsmassnahmen, wie die Verwendung von Bodendeckern reduzieren zudem das Risiko von Erosion, indem die Erhaltung der Bodenfeuchtigkeit unterstützt wird. Dies fördert ein gesundes Bodenmikrobiom und schafft ein optimales Umfeld für Mikroorganismen.</p>
Wirksamkeit von Pflanzenschutzmitteln	<p>Ursache Niederschlag; Wind; ändernde Temperatur- und Feuchtigkeitsbedingungen</p> <p>Auswirkung Reduktion der Absorption und Wirkung von Pflanzenschutzmitteln; beeinträchtigte Verteilung und Effektivität von Pflanzenschutzmassnahmen</p>	<p>Die Ressourceneffizienz und Wirksamkeit von Pflanzenschutzmassnahmen werden gesteigert.</p> <p>Agri-PV Anlagen führen zu einer geringeren Verdunstung und einem langsameren Abbau der Pflanzenschutzmittel durch regulierte Temperaturen und konstante Feuchtigkeit unter den Modulen. Zudem bieten die Module einen Schutz gegen Niederschlag, was eine längere Haftung der Mittel auf den Reben ermöglicht und die Wirksamkeit verlängert. Die Umweltbelastung kann reduziert und die Effizienz der Schädlingsbekämpfung gesteigert werden.</p> <p>Zudem könnte eine gezielte Platzierung der Module eine optimierte Spritzverteilung der Pflanzenschutzmittel ermöglichen, da die Abdrift verringert würde.</p>

Autor	Bucher David	Erstellungsdatum	02.09.2024
Dokumentenname	Projektbeschrieb_Nachhaltige Energiegewinnung in den Schaffhauser Rebbergen.docx	Seite	13

5.3 Technische Faktoren

Herausforderung	Kausalität	Agri-PV als Chance
Überdachung als Schutz	<p>Ursache PV-Module über den Reben</p> <p>Auswirkung Ablenkung des Niederschlags durch Module; verbessertes Mikroklima; trockenere Pflanzen; reduzierte Verdunstung</p>	<p>Stabiles Mikroklima durch ausgewogene Temperatur- und Feuchtigkeitsverteilung.</p> <p>Die Überdachung mit PV-Modulen bietet Schutz vor Niederschlägen, mildert die Auswirkungen extremer Wetterbedingungen und sorgt für eine gleichmässige Vegetationsperiode der Reben. Die Überdachung der Reben trägt zudem zur Stabilisation des Mikroklima bei. Durch die ausgewogene und reduzierte Verdunstungsrate wird Temperatur- und Feuchtigkeitsverteilung reguliert, was zu gleichmässigeren Bodenfeuchtigkeit führt. Transpiration und Evapotranspiration optimiert und den Bewässerungsbedarf der Reben reduziert. Bodenmanagementmassnahmen, wie die Verwendung von Bodendeckern, unterstützen diesen Prozess. Diese verbessern die Wasserspeicherung im Boden und verhindern sowohl Trockenstress als auch Staunässe.</p>
Weniger Sonnenlicht	<p>Ursache Licht-undurchlässige PV-Module, Standard Module</p> <p>Auswirkung Grosser Schattenschwurf; Lichtreduktion</p>	<p>Minimierung der Lichtreduzierung durch transparente Agri-PV-Module.</p> <p>Die Reduzierung der Lichtmenge durch Agri-PV-Module kann auf ein Minimum beschränkt werden. Dies lässt sich durch den Einsatz von (semi-)transparenten Modulen erreichen, die eine höhere Lichtdurchlässigkeit gewährleisten und die Photosynthese der Reben effizient wenig beeinträchtigt.</p> <p>(Die Verwendung verstellbarer Module würde eine flexible Anpassung an unterschiedliche Lichtverhältnisse ermöglichen, wodurch die Lichtreduktion noch weiter minimiert werden könnte. Aus Kostengründen wird diese Variante jedoch nicht in Betracht gezogen.)</p>

5.4 Sozioökonomische Aspekte

Herausforderung	Kausalität	Agri-PV als Chance
Finanzielle Risiken	<p>Ursache Hohe Anfangsinvestitionen und lange Amortisationszeiten; Unterschätzte Kosten; unsichere Rentabilität</p> <p>Auswirkung Finanzielle Engpässe; Kostenüberschreitungen; Projektverzögerungen; Cashflow-Probleme</p>	<p>Risikominimierung durch Diversifizierung des Weinbaus.</p> <p>Agri-PV-Anlagen ermöglichen zusätzliche Einnahmen durch Stromproduktion oder Eigennutzung, was die finanzielle Stabilität erhöht, und Einkommensquellen diversifiziert. Die doppelte Flächennutzung optimiert die Landwirtschaft, indem sie Weinanbau und Energieproduktion vereint. Zudem stärken Agri-PV-Anlagen das nachhaltige Image des Betriebs und können von staatlichen Förderungen profitieren, was Investitionen erleichtert. Der Schutz der Reben vor extremen Wetterereignissen und die langfristige Wertsteigerung der Parzelle sind weitere Vorteile, die Agri-PV zu einer attraktiven Option für Weinbauern machen.</p>

Autor	Bucher David	Erstellungsdatum	02.09.2024
Dokumentenname	Projektbeschrieb_Nachhaltige Energiegewinnung in den Schaffhauser Rebbergen.docx	Seite	14

5.5 Erfahrungsbericht

Im Jahresbericht zur VINO PV Anlage am Tuniberg (Breisgau, Deutschland) vom 11.12.2023 werden mehrere Beobachtungen dargestellt, die die Auswirkungen der Anlage auf den Weinbau dokumentieren.

Die VINO PV Anlage zeigte sich 2023 als vorteilhaft für den Weinbau am Tuniberg, das 50 km nördlich von Basel liegt. Die Anlage schützte die Trauben effektiv vor Sonnenbrand, der auf der ungeschützten Referenzfläche stark auftrat. Dies führte zu einer besseren Qualität der Trauben, insbesondere bei Hitzeperioden im August. Die Wassereffizienz der Reben unter der Anlage war leicht verbessert, da die Anordnung der Module Regenwasser optimal sammelte und verteilte. Die Reife der Trauben war unter der VINO PV Anlage verzögert, was sich positiv auf die Oechsle-Werte und damit die Qualität des Weins auswirkte. (Gimbel, 2023)

Die Messwerte, wie pH-Wert und Säuregehalt, blieben innerhalb optimaler Bereiche, und das Beerenwachstum war stabil und kräftig. Einschränkungen gab es lediglich bei der maschinellen Laubarbeit, die manuell ergänzt wurde. Der Bericht resümiert, dass die VINO PV Anlage optimale Bedingungen für qualitativ hochwertigen Wein bietet und die Trauben dem Kellermeister ideale Voraussetzungen für einen hervorragenden Wein liefern. (Gimbel, 2023)

Autor	Bucher David	Erstellungsdatum	02.09.2024
Dokumentenname	Projektbeschrieb_Nachhaltige Energiegewinnung in den Schaffhauser Rebbergen.docx	Seite	15

6 Machbarkeit

Im Rahmen des Projektes wird eine Machbarkeitsstudie („Agri-Photovoltaik in der Schweizer Landwirtschaft“) durchgeführt. Diese soll folgende Punkte behandeln:

- Agronomischer Aspekt
- Technischer Aspekt
- Rechtlicher Aspekt
- Geographisches Potenzial
- Empfehlungen

6.1 Agronomischer Aspekt

Die Machbarkeitsstudie soll die Auswirkungen der Agri-PV auf Ertrag, Pflanzengesundheit und Biodiversität prüfen. Bisher wurden verschiedene Kulturen unter Agri-PV-Bedingungen getestet, wobei einige, wie Beeren und Obst, eine positive Reaktion auf Beschattung zeigten, während andere, wie Mais, empfindlicher auf Schatten reagierten. Experimente zeigten auch, dass Agri-PV-Systeme den Wasserbedarf reduzieren und zu einer effizienteren Nutzung der Ressourcen führen können.

6.2 Technischer Aspekt

Es sollen verschiedene Anlagentypen evaluiert werden, um das solare Einstrahlungspotenzial und die Stromerzeugungskapazitäten zu bestimmen. Die Machbarkeitsstudie soll die Effizienz und Wirtschaftlichkeit verschiedener Agri-PV-Anlagentypen untersuchen. In bisherigen Untersuchungen wurde festgestellt, dass die Stromgestehungskosten bei Agri-PV-Anlagen höher ausfallen als bei herkömmlichen PV-Dachanlagen.

6.3 Rechtlicher Aspekt

Die rechtliche Analyse betrachtet die Raumplanungsverordnung und andere relevante Gesetze, die für die Realisierung von Agri-PV-Projekten ausserhalb der Bauzonen gelten. Es soll geprüft werden, wie Agri-PV-Anlagen als standortgebunden gelten können, insbesondere wenn sie Vorteile für die landwirtschaftliche Produktion bringen.

6.4 Geographisches Potenzial

Die Machbarkeitsstudie soll das geographische Potenzial der Agri-PV in der Schweiz kartieren, indem sie Flächen identifiziert, die für die Installation von Agri-PV geeignet sind, und solche, die aufgrund von Umweltschutzkriterien ausgeschlossen werden. Bisherige Resultate zeigen, dass offene Ackerflächen und Fruchtfolgeflächen besonders geeignet erscheinen, während Dauerkulturen das geringste Potenzial bieten.

6.5 Empfehlungen

Zum Abschluss soll die Machbarkeitsstudie Empfehlungen für die weitere Forschung und Politikgestaltung geben.

Autor	Bucher David	Erstellungsdatum	02.09.2024
Dokumentenname	Projektbeschrieb_Nachhaltige Energiegewinnung in den Schaffhauser Rebbergen.docx	Seite	16

6.6 Offerte Begleitforschung

Aufgrund der hohen Kosten der Machbarkeitsstudie, wurde am 19.07.2024 vorerst eine Offerte beantragt, welche am 27.09.2024 ausgestellt wurde (Dokument: **Offerte Begleitforschung Agri-Photovoltaik Weinrebe Trasadingen**).

Die Offerte der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW) bezieht sich auf eine Begleitforschung zur Agri-Photovoltaik-Anlage (Agri-PV) über Weinreben in Trasadingen, Kanton Schaffhausen. Das Ziel der Agri-PV ist die Integration von Lebensmittelproduktion und Energieerzeugung, um Vorteile für die Landwirtschaft, Wirtschaft und Umwelt zu erzielen. Dies umfasst den Schutz der Pflanzen vor Trockenheit, Hitzestress, Hagel und Starkregen sowie eine verbesserte Wassernutzungseffizienz durch die Beschattung. (Schumacher & Baumann, 2024)

Im Rahmen des Projekts werden verschiedene Parameter wie Erntequalität, Pflanzenwachstum und Wasserstress über einen Zeitraum von mindestens drei Jahren dokumentiert. Es wird ein Vergleich zwischen den Reben unter den PV-Modulen und einer Kontrollfläche durchgeführt. Ein Fokus liegt auch auf der Untersuchung von Krankheiten wie dem Befall durch Mehltau. Die Ergebnisse sollen Aufschluss darüber geben, wie die Agri-PV-Anlage das Mikroklima und die Weinqualität beeinflusst. (Schumacher & Baumann, 2024)

Das Projekt umfasst u. a. die Erstellung eines Forschungskonzepts, die Datenerhebung und -analyse sowie jährliche Berichte. Der Kostenrahmen beläuft sich auf CHF 84'300.- Die ZHAW betont ihre Erfahrung im Bereich Agri-Photovoltaik und ihr Netzwerk, das sie in den vergangenen Jahren aufgebaut hat. Die Ergebnisse werden in Zusammenarbeit mit den lokalen Winzern erarbeitet und analysiert, um die Auswirkungen auf die Weinreben zu evaluieren. (Schumacher & Baumann, 2024)

Autor	Bucher David	Erstellungsdatum	02.09.2024
Dokumentenname	Projektbeschrieb_Nachhaltige Energiegewinnung in den Schaffhauser Rebbergen.docx	Seite	17

7 Fazit

Das Projekt zur Implementierung einer Agri-PV-Anlage in Trasadingen (SH) verfolgt das Ziel, nachhaltige Energiegewinnung mit Weinbau zu kombinieren. Dabei werden umfassende Analysen und Planungen durchgeführt, um die technischen, rechtlichen, ökologischen und ökonomischen Rahmenbedingungen für eine erfolgreiche Umsetzung zu schaffen. Der Bau einer Eigenverbrauchsanlage durch den Grundstückseigentümer und Inhaber der Firma Kessler AG bildet die Grundlage für zukünftige Forschungszwecke.

Die Implementierung einer Agri-PV-Anlage kann einen wichtigen Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung und Energiewende leisten, den Rebbau aufwerten und diversifizieren. Das Pilotprojekt wird zudem wertvolle Daten und Erkenntnisse für die Weiterentwicklung von Agri-PV-Systemen liefern, die sowohl für die Landwirtschaft als auch für die Energiewirtschaft von Bedeutung sind.

Die Integration von Agri-PV in den Weinbau bietet zahlreiche Chancen, ist jedoch auch mit vielfältigen Herausforderungen verbunden, die in unterschiedlichen Kategorien analysiert wurden. In Bezug auf die klimatischen Bedingungen stellen saisonale Schwankungen in der Sonneneinstrahlung und potenzielle Auswirkungen des Klimawandels erhebliche Risikofaktoren dar. Insbesondere Extremwetterereignisse können sowohl die physische Integrität der PV-Anlagen als auch den Ertrag der Weinreben gefährden. Technologische Innovationen, wie bifaziale Solarmodule und spezifische Installationstechniken, können die Effizienz steigern, erfordern jedoch eine sorgfältige Anpassung an die bestehenden Weinbauinfrastrukturen.

Ökologische und agronomische Aspekte, wie die Veränderung des Mikroklimas und die Auswirkungen auf die Biodiversität, müssen ebenfalls berücksichtigt werden. Der Einfluss auf die Bodenfeuchtigkeit und das Risiko von Pilzkrankheiten sind entscheidende Faktoren, die durch eine gezielte Planung und Anordnung der PV-Module minimiert werden können. Die Kombination von PV-Modulen mit der Weinproduktion muss so gestaltet sein, dass sowohl die Stromerzeugung als auch die landwirtschaftliche Nutzung optimiert werden.

Rechtliche und regulatorische Herausforderungen, insbesondere im Zusammenhang mit Landnutzungsrechten und Genehmigungsverfahren, können die Umsetzung von Agri-PV-Projekten verlangsamen. Zudem spielen sozioökonomische Faktoren, wie die Akzeptanz in der lokalen Gemeinschaft und die potenziellen Beschäftigungseffekte, eine entscheidende Rolle für den Projekterfolg. Die Unterstützung durch lokale Winzer und Anwohner ist unerlässlich, um Widerstände zu minimieren und eine erfolgreiche Umsetzung sicherzustellen.

Die finanziellen Risiken von Agri-PV-Anlagen, insbesondere die hohen Investitionskosten und die längere Amortisationszeit, müssen sorgfältig evaluiert werden. Langfristige Vertragsgestaltungen und Kooperationen mit lokalen Energiegenossenschaften könnten helfen, die Wirtschaftlichkeit zu verbessern und das finanzielle Risiko zu minimieren.

Insgesamt zeigt die Recherche, dass Agri-PV-Anlagen im Weinbau grosses Potenzial bieten, jedoch nur unter Berücksichtigung aller genannten Aspekte erfolgreich implementiert werden können. Die **Potentialanalyse zur Agri-Photovoltaik im Kanton Schaffhausen** unterstreicht das hohe Potenzial der Agri-PV in dieser Region (Jäger & Anderegg, 2023). Der Bericht empfiehlt Pilotversuche, um die Auswirkungen auf die Erträge und die landwirtschaftliche Nutzung zu testen. Agri-PV könnte eine wichtige Rolle bei der nachhaltigen Energieversorgung und der Förderung der lokalen Landwirtschaft spielen, bedarf jedoch weiterer Untersuchungen zu spezifischen Anlagentypen und deren praktischer Umsetzung.

Autor	Bucher David	Erstellungsdatum	02.09.2024
Dokumentenname	Projektbeschrieb_Nachhaltige Energiegewinnung in den Schaffhauser Rebbergen.docx	Seite	18

Der **Jahresbericht zur VINO PV Anlage am Tuniberg** untermauert die Aussage zum Potenzial. Aus diesem Bericht geht hervor, dass die PV-Anlage erhebliche Vorteile für den Weinbau in der Region bringt. Die Anlage schützt die Reben wirksam vor Sonnenbrand, verbessert die Wassereffizienz und sorgt für eine langsamere Reife der Trauben, was zu besseren Oechsle-Werten führt und die Weinqualität steigert. Messwerte wie pH-Wert und Säuregehalt bleiben stabil, und das Wachstum der Beeren ist kräftig. (Gimbel, 2023)

Die Kombination von technischen Innovationen, ökologischen Anpassungen und einer breiten Akzeptanz in der Bevölkerung wird entscheidend sein, um die Vorteile von Agri-PV-Anlagen vollständig auszuschöpfen. Weiterführende Forschung und eine enge Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft, Landwirtschaft und Politik sind erforderlich, um die bestehenden Herausforderungen zu bewältigen und nachhaltige Lösungen zu entwickeln.

Mit der Veröffentlichung der Regierungsschwerpunkte des Kantons Schaffhausen Anfang 2024, die vom Regierungsrat beschlossen wurden, ist ein bedeutender politischer Schritt gemacht worden. In dieser Publikation wird der beschleunigte Ausbau der Stromerzeugung durch Solaranlagen sowie die Realisierung einer Pilotanlage für Agri-PV auf einer landwirtschaftlichen Fläche in der Entwicklungsstrategie festgehalten. (Regierungsrat Kanton Schaffhausen, 2024)

Autor	Bucher David	Erstellungsdatum	02.09.2024
Dokumentenname	Projektbeschrieb_Nachhaltige Energiegewinnung in den Schaffhauser Rebbergen.docx	Seite	19

8 Literaturverzeichnis

Bucher, D. (2024, November). *Projekthandbuch BA - Nachhaltige Energiegewinnung in den Schaffhauser Rebbergen*.

Geoportal des Bundes. (2024). [Map]. <https://map.geo.admin.ch>

Geoportal WebGIS-Thurgau. (2024). [Map]. www.geoportal.ch/trasadingen

Gimbel, E. (2023, Dezember 11). *Weinbaubericht VINO PV Anlage Tuniberg*.

Google Maps. (2024). [Map].

https://www.google.ch/maps/@47.6702444,8.4263115,168m/data=!3m1!1e3?hl=de&entry=ttu&g_ep=EgoyMDI0MTAyMi4wIjKXMDSoASAFQAw%3D%3D

Jäger, M., & Anderegg, D. (2023, Oktober 4). *Potentialanalyse zur Agri-Photovoltaik im Kanton Schaffhausen*. Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW.

MBR Solar. (2024, Juni 9). *MBR Solar PV-Anlage Landenergie Schaffhausen*.

Regierungsrat Kanton Schaffhausen. (2024, Januar 9). *Schwerpunkte Regierungstätigkeit Kt SH 2024*.

Schumacher, P., & Baumann, M. (2024, September 27). *Offerte Agri-PV Begleitforschung Trasadingen ZHAW*. Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW.

Autor	Bucher David	Erstellungsdatum	02.09.2024
Dokumentenname	Projektbeschrieb_Nachhaltige Energiegewinnung in den Schaffhauser Rebbergen.docx	Seite	20

Anhang G – Beispiel Projektvereinbarung

PROJEKTVEREINBARUNG	
Projektbezeichnung	Verfasser(in)
1	Ausgangslage Vorgeschichte, wie es zum Auftrag gekommen ist, was an Vorarbeiten, Unterlagen, Beschlüssen vorliegt
2	Zielsetzung Welche Ziele/ Qualitäten erreicht werden sollen; mit welchen Beurteilungskriterien die Zielerreichung gemessen wird; ev. Projektnutzen, Wirtschaftlichkeit
3	Aufgabenstellung, Aufgabenabgrenzung Was gemacht (und was nicht gemacht) werden soll, was bis wann erwartet wird
4	Rahmenbedingungen Was eingehalten, berücksichtigt werden muss; worauf das Projekt aufbauen muss
5	Vorgehen Soweit bekannt: Phasen, Meilensteine und Ecktermine; erwartete Ergebnisse; Entscheide, die wann zu fällen sind; vorgesehene Schritte und Methoden
6	Projektorganisation Prinzip der Projektorganisation (Gremien, Rollen), Projektleitung, Kompetenzen, Entscheidungswege usw.
7	Ressourcen Personalaufwand (Aufwand-Tage), Personalkosten, andere Kosten, Finanzierung
8	Weitere Punkte Projektpriorität, besondere Risiken, Informationspolitik usw.
.....	
Dat./ Unterschrift Auftraggeber(in)	Dat./ Unterschrift Projektleiter(in)
.....	

Anhang H – Beispiel Phasen- / Projektabschlussbeurteilung / -bericht

	Projekthalt, Sachebene	Beurteilung		
1	Wie wurden die Projektziele (Qualität der Ergebnisse) erreicht?			
2	Wie wurden die Termine und Kosten eingehalten?			
3	Welche Erfolge und Misserfolge gab es?			
	Projektprozess, Management (Organisations- und Beziehungsebene)	+	+-	-
1	Wie war die Projektentstehung, die Projektvereinbarung (Projektauftrag), das gemeinsame Projektverständnis, die Verbindlichkeit?			
2	Wie zweckmässig war die Projektorganisation (Gremien, Rollen, Aufgaben, Kompetenzen)?			
3	Wie zweckmässig wurden die Phasen und Meilensteine gelegt?			
4	Wie war die Projektstruktur, die Projektplanung (Zeit, Planung der personellen und finanziellen Ressourcen)?			
5	Wie waren Vorgehen und Methodenwahl?			
6	Wie war das Projektcontrolling: Reporting, Fortschrittsüberprüfung, Ressourcenverbrauch, Meilensteinmeetings usw.?			
7	Wie waren Information, Kommunikation und Projektmarketing?			
8	Wie war das Commitment der Akteure: Projektmitarbeitende, Management, Betroffene, Interessengruppen usw.			
9	Wie war die Zusammenarbeit im Projektteam? Der Umgang mit Konflikten?			
10	Wie war die Beratung, Unterstützung (durch Management, externe Berater usw.)?			

Projektabschluss ist nach Beenden der Projektphase „Konzept“

Anhang I – Medienmitteilung

Die Medienmitteilung wird erst nach der Abgabe der Bachelorarbeit veröffentlicht.