

INFOR-Projekt Nr. 210

Machbarkeitsstudie über den Einsatz von Papieren im Agrarbereich (Kurzfassung)

August 2020

Prof. Frank Miletzky
Dr. Roland Zelm
Anja Groß

Projektbegleiter:

Dr. Markus Wildberger, Papierfabrik August Koehler SE
Burkhard Neumann, Schoeller Technocell GmbH & Co. KG
Hartmut Ott, Ahlstrom-Munksö Germany GmbH
Dr. Bernd Seger, Glatfelter Gernsbach GmbH
Dr. Ludger Zerwes, Kabel Premium Pulp & Paper GmbH
Hans-Henning Junk, Albert Köhler GmbH & Co. KG
Andreas Hacke, Gebrüder Grünwald GmbH & Co. KG
Dr. Thomas Zimmermann, Mitsubishi HiTecPaper Europe GmbH
Dr. Thomas Pfitzner, Stora Enso

**Das Forschungsprojekt wurde gefördert über das Kuratorium für Forschung und
Technik der Zellstoff- und Papierindustrie im VDP e. V., Bonn**

Inhalt

I	Abbildungsverzeichnis	3
II	Tabellenverzeichnis	3
III	Abkürzungsverzeichnis	4
1	Projektziele und Zusammenfassung	5
2	Überblick Interviewrunde 1 mit Stakeholdern aus der Landwirtschaft	6
2.1	Tätigkeitsschwerpunkte und geografischer Fokus	6
2.2	Meinungsäußerung zu agrarpolitischen Themen, Trends und Rationalisierungsbedarfe	7
3	Überblick Interviewrunde 2 mit Stakeholdern aus der Papiertechnik	11
3.1	Tätigkeitsschwerpunkte	11
3.2	Ableitung von Forschungsbedarfen aus Interviewrunde 1 (Landwirtschaft)	11
3.3	Einschätzung des Forschungsbedarfs durch Experten der Papiertechnik	14
4	Gesamtauswertung zu potenziellen Anwendungsfeldern	16
4.1	Definition von Anwendungsfeldern	16
4.2	Methodik für die Gesamtauswertung	18
4.3	Gesamtauswertung und Schlussfolgerungen	20
4.4	SWOT-Analysen zu potenziellen Anwendungsfeldern	23
	Quellenverzeichnis	29
	Anlage 1: Gesprächsleitfaden Stakeholder Landwirtschaft	30
	Anlage 2: Liste der befragten Experten Landwirtschaft (mit Freigabe)	32
	Anlage 3: Gesprächsleitfaden Stakeholder Papierbranche	35
	Anlage 4: Liste der befragten Experten Papierbranche (mit Freigabe)	40

I Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Tätigkeitsschwerpunkte befragter Experten, gesamt und nach geografischem Fokus ...	6
Abb. 2: Agrarpolitische Themen und landwirtschaftliche Trends im Gespräch mit Experten.....	7
Abb. 3: Interviewte Experten und Anzahl geführter Interviews in der Papierbranche	11
Abb. 4: Forschungsbedarfe und Randbedingungen.....	12
Abb. 5: Summe der gewichteten Forschungsbedarfe je Anforderung, Benennung als Hindernis und Einschätzung als unrealistische Machbarkeit	15
Abb. 6: Mulchfolien im Gemüseanbau	16
Abb. 7: Vliese im Erdbeeranbau	17
Abb. 8: Spargelanbau unter Folie.....	17
Abb. 9: Verdichten des Silierguts in einem Fahrsilo	17
Abb. 10: Kokosmatte im Frühgemüsezentrum Kaditz	18
Abb. 11: Pheromondispenser	18
Abb. 12: Portfoliodarstellung nach Rängen am Beispiel.....	19
Abb. 13: SWOT-Analyse am Beispiel	19
Abb. 14: Anforderungsprofile und Forschungsbedarfe	20
Abb. 15: Anwendungsfelder mit hohen Potenzialen	21

II Tabellenverzeichnis

Tab. 2: Relevante Trends und Rationalisierungsbedarfe in Deutschland	10
Tab. 3: Relevanten Trends und Rationalisierungsbedarfe im nordafrikanischen Raum.....	10
Tab. 5: Befragungsinhalt und Wichtung, inkl. Beispiel für die Berechnung des Forschungsbedarfs	14
Tab. 4: Definierte Anwendungsfelder für die Gesamtauswertung.....	16
Tab. 5: Berechnung Anforderungsprofile Landwirtschaft am Beispiel	19
Tab. 6: Kulturarten mit zugehörigen Haltbarkeiten für Mulche auf dem Feld und Ernte- bzw. Nutzflächen.....	20
Tab. 7: SWOT-Analyse Mulche mit einer Haltbarkeit von 2 Monaten	23
Tab. 8: SWOT-Analyse Mulche mit Haltbarkeiten von 4 und 6 Monaten.....	24
Tab. 17: SWOT-Analyse Mulche mit einer Haltbarkeit von länger 1,5 Jahren	25
Tab. 23: SWOT-Analyse Siloabdeckungen für Fahr- und Flachsilos.....	25
Tab. 20: SWOT-Analyse Abdeckungen zur Verfrühung und zum Frostschutz	26
Tab. 22: SWOT-Analyse Dämmmatten im Spargelanbau	26
Tab. 29: SWOT-Analyse Pheromonausbringung	27
Tab. 27: SWOT-Analyse 3D-Substrate	27
Tab. 30: SWOT-Analyse Wasser-Boden-Management.....	28

III Abkürzungsverzeichnis

EU	Europäische Union
Eurostat	Statistisches Amt der Europäischen Union
FAO	Food and Agricultural Organization of the United Nations
F&E	Forschung und Entwicklung
FL	Freiland
LW	Landwirtschaft
n	Anzahl Interviewter
P	Papiertechnik
PA	Polyamid
PE	Polyethylen
SWOT	SWOT-Analyse (SWOT = Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats)
VF	Vertical Farming

1 Projektziele und Zusammenfassung

Die Landwirtschaft der Zukunft steht vor vielfältigen Herausforderungen. Bevölkerungswachstum und Klimawandel verschärfen das gravierende Problem der Ernährungssicherung, insbesondere in Schwellen- und Entwicklungsländern. Aber auch in europäischen Breiten werden Landwirte zunehmend mit Hitze- und Wasserstress konfrontiert. Politische Debatten, beispielsweise um das Glyphosatverbot, Überdüngung oder Tierschutz, halten die Branche in Bewegung.

Aktuelle Forschungsthemen in der Papiertechnik, wie Papiere mit funktionalisierten Oberflächen für die Sensorik oder als Speichermedium für Wärme und Wasser, eröffnen perspektivisch neue Einsatzgebiete für lignocellulosefaserhaltige Werkstoffe, auch im landwirtschaftlichen Bereich. Die Machbarkeitsstudie beleuchtet Anwendungsfelder, die Potenzial für Innovationen besitzen. Hierfür wurde untersucht, welchen Herausforderungen Landwirte, Gärtner und weitere Produzenten heute begegnen und inwieweit Papiere bzw. lignocellulosefaserhaltige Materialien mit ihren natürlichen und modifizierten Eigenschaften nutzbringend im Agrarbereich eingesetzt werden könnten.

Die Projektziele der Machbarkeitsstudie umfassen:

- **Identifizieren völlig neuer Anwendungsgebiete für Papier im Agrarsektor,**
- **Prüfen klassischer Kunststoffanwendungen hinsichtlich einer möglichen Substitution,**
- **und Ableiten konkreten Forschungsbedarfes für die Papierindustrie.**

Neben eigenen Recherchen dienten vor allem **Experteninterviews** mit Stakeholdern aus dem Agrarbereich und der Papierbranche zur Erhebung relevanter Informationen. Für die Auswertung potenzieller Anwendungsgebiete wurden die **Portfoliodarstellung** und die **SWOT-Analyse** gewählt.

Zusammenfassung: Insgesamt flossen Gespräche mit über 80 Experten in die Studie ein. Generell stieß die Thematik bei den Interviewten auf großes Interesse. Treiber hierfür sind zum einen der Wunsch vieler Interviewter, den Einsatz von Kunststoffen in der Landwirtschaft perspektivisch zu minimieren. Zum anderen führen die Auswirkungen des Klimawandels kombiniert mit den erwarteten Einschränkungen bei Pflanzenschutzmitteln zum Nachdenken über alternative Ansätze. Der gesellschaftliche Druck, sei es bezüglich der Rolle der Landwirtschaft für unsere Umwelt im Allgemeinen oder zur Mikroplastikdiskussion im Speziellen, wird als sehr stark wahrgenommen. Dabei agieren die Akteure häufig in einem eng abgesteckten Umfeld, das durch Preisdruck und Wettbewerb nur wenig Handlungsspielräume zulässt.

Die biologische Abbaubarkeit war für die meisten der Befragten das ausschlaggebende Kriterium lignocellulosefaserhaltige Materialien als sinnvolle Alternative zu Kunststoffen einzustufen bzw. sich völlig neue Anwendungsgebiete vorstellen zu können. Häufig müssen hierfür scheinbar entgegenstehende Eigenschaften in einem Produkt kombiniert werden, was eine besondere Hürde für Forschungs- und Entwicklungsarbeiten darstellt. Grundvoraussetzung für jeglichen Einsatz in der Landwirtschaft ist dabei die Schadstoffunbedenklichkeit zukünftiger Produkte, gerade im Hinblick auf ihre Abbaubarkeit sowie Anreicherungen und das Austragsverhalten im Boden.

Neue Lösungen sollen vor allem den Arbeitsaufwand reduzieren, Ertragseinbußen vermeiden und umweltfreundliche Varianten darstellen. Funktionalisierungen nehmen dabei einen hohen Stellenwert ein, auch um Mehrwert für die Anwender zu generieren. Für folgende Anwendungsbereiche werden hohe Potenziale eingeschätzt:

- Mulche für den kurzfristigen Einsatz,
- Lösungen zum Wasser-Boden-Management,
- Spezialanwendungen wie Dämmmatten für den Spargelanbau und 3D-Substrate.

2 Überblick Interviewrunde 1 mit Stakeholdern aus der Landwirtschaft

2.1 Tätigkeitsschwerpunkte und geografischer Fokus

Innerhalb der Studie wurden Interviews mit 63 Experten aus dem Agrarbereich geführt und ausgewertet (siehe auch Anlage 1: Gesprächsleitfaden Stakeholder Landwirtschaft). Die nachfolgende Abb. 1 gibt einen Überblick über den Tätigkeitsschwerpunkt und die geografische Herkunft der Befragten. Anlage 2 listet die befragten Experten, die hierfür eine Freigabe erteilten.

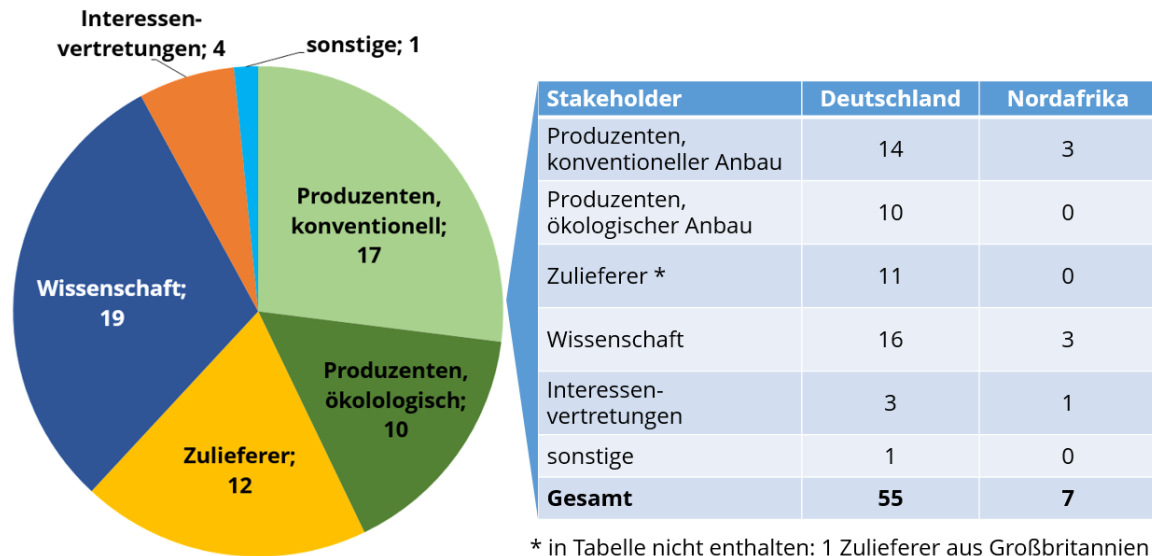


Abb. 1: Tätigkeitsschwerpunkte befragter Experten, gesamt und nach geografischem Fokus (Einfachnennung)

Die Studie liefert im **deutschsprachigen Raum** eine hohe Bandbreite hinsichtlich der durch die Produzenten angebauten Kulturpflanzen und gehaltenen Tierarten, der Sortimentsauswahl in der Zulieferindustrie und der Forschungsthemen in der Wissenschaft. Innerhalb der Gruppe der Produzenten gelang es zumeist einen konventionell und einen ökologisch arbeitenden Anwender für die Gespräche zu gewinnen. Im Pflanzenbau wurde nochmals zwischen Freiland- und Gewächshaus-/ Folienanbau unterschieden und gezielt nach Gesprächspartnern aus beiden Bereichen gesucht, da sich die Anbauverfahren in ihren Anforderungen stark unterscheiden. Für einige Sonderformen der Bewirtschaftung, wie dem Agroforst oder Urban und Vertical Farming konnten Gespräche mit Wissenschaftlern bzw. Interessenvertretern geführt werden.

Im **nordafrikanischen Raum** wurden sieben Gespräche mit Experten aus dem Agrarbereich geführt. Sechs der Fachleute stammten dabei aus Ägypten, einer aus Tunesien. In die Auswertung flossen Interviews mit drei konventionell arbeitenden Produzenten, drei Wissenschaftlern und einer Organisation der Entwicklungszusammenarbeit ein. Einer der Landwirte baute für den Export einige seiner Kulturen in Bioqualität an. Die drei befragten Landwirte produzierten die folgenden Pflanzenarten: Weizen, Mais, Reis, Sonnenblumen, Kartoffeln, Oliven, Orangen, Wein, verschiedene Gemüsesorten, Gewürze und Kräuter (Bohnen, Tomate, Knoblauch, Zwiebel, Fenchel, Anis, Kamille, Ringelblume, Zitronengras, Moringabaum, Erdnüsse).

2.2 Meinungsäußerung zu agrarpolitischen Themen, Trends und Rationalisierungsbedarfe

Das nachfolgende Diagramm (Abb. 2) stellt die Präsenz verschiedener Themen in den Gesprächen dar. Große Einigkeit und besonders häufige Nennungen fanden Angaben zu steigenden Kosten für Pflanzenschutzmittel, neuen Herausforderungen durch den Klimawandel und der Ressourcenschonung durch den Einsatz natürlicher Materialien für Verpackungen.

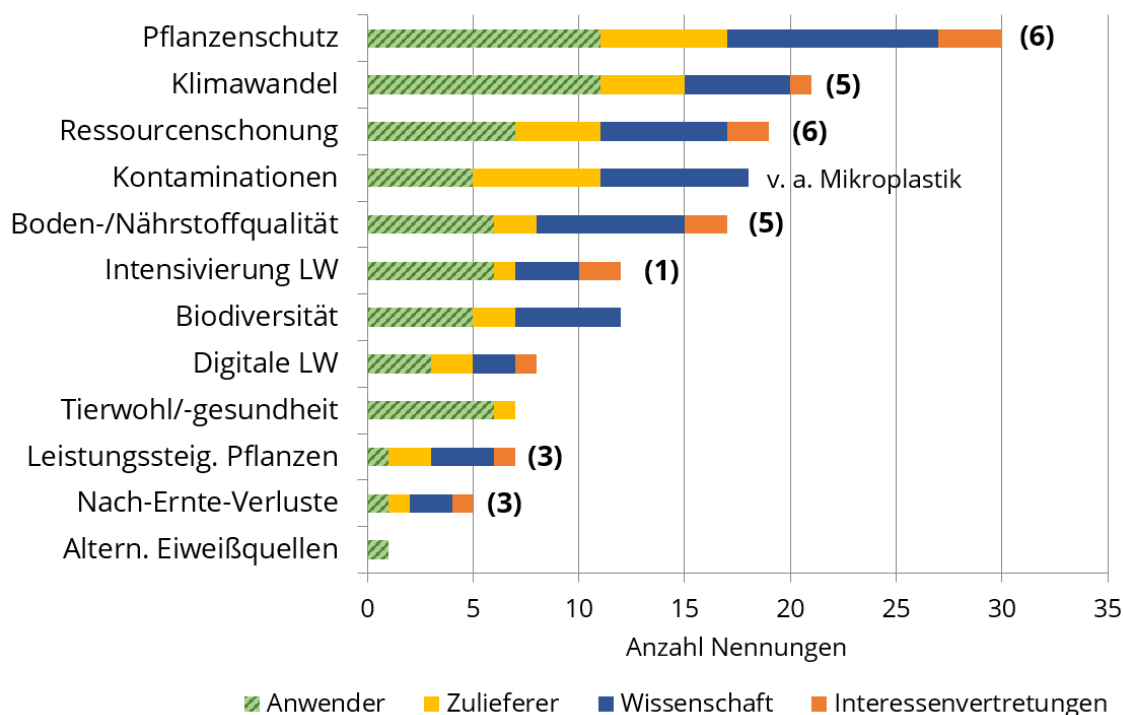


Abb. 2: Agrarpolitische Themen und landwirtschaftliche Trends im Gespräch mit Experten, gesamt n = 63, davon (n) = Nennungen im nordafrikanischen Raum; Mehrfachnennungen möglich

Pflanzenschutz: In Deutschland thematisierten Experten extrem häufig die Einschränkungen und damit einhergehenden Preiserhöhungen bei den zugelassenen Pflanzenschutzmitteln, insbesondere bei Herbiziden. Es wird erwartet, dass sich diese Situation für Landwirte/Gärtner mit konventionellen Anbaumethoden auch in den kommenden Jahren weiter verschärft. Die zeitaufwendige mechanische Unkrautregulierung als Alternative zur chemischen Unkrautunterdrückung, schilderten viele Befragte, egal ob ökologisch oder konventionell arbeitend, als sehr kostenintensiv.

Im nordafrikanischen Raum werden vor allem der unbedachte Einsatz von Pestiziden und die Ausbildung von Resistenzen negativ bewertet. Weitere geschilderte Probleme in dieser Kategorie betreffen den unzureichenden Schutz gegen Schädlingsbefall und Morgentau. Letzterer verursacht bei einigen Pflanzenarten häufig Pilzbefall.

Klimawandel: Einigkeit unter den deutschen Interviewpartnern besteht in der Tatsache, dass klimatische Veränderungen zunehmend wahrgenommen werden und sich bereits negativ auf die landwirtschaftliche Produktion auswirken, auch wenn bestimmte Kulturarten (z. B. Wein) von der allgemeinen Erwärmung profitieren. Über folgende Herausforderungen berichteten Experten unterschiedlicher Bereiche in den Interviews:

- Häufung von nicht kalkulierbaren Extremen wie Starkregen mit Überschwemmungen und lange Trockenperioden mit Wassermangel,
- neue Pflanzenkrankheiten durch Klimaverschiebungen (neue Erreger und Schädlinge),

- sinkende Ernteerträge auf Ackerbauflächen und schlechtere Silagequalität durch Trockenheit,
- sinkende Ernteerträge durch Hitze und Trockenheit bei verschiedenen Gemüsearten,
- kürzere Ernteperioden, zeitigere Ernte und Erntemengenhäufung,
- Zunahme von Schneearmut und Kahlfrösten, die teils Austrocknung und Zerstörung der Pflanzen nach sich ziehen.

Der Klimawandel und dessen Auswirkungen nahm erwartungsgemäß auch in den Interviews mit nordafrikanischen Experten einen extrem hohen Stellenwert ein. Zum einen kämpfen Landwirte künftig mit sich verknappenden Wasserressourcen durch die Klimaerwärmung, aber auch durch den Bau des größten afrikanischen Staudamms in Äthiopien. Zum anderen sind Teile des fruchtbaren Nildeltas, indem die meisten landwirtschaftlichen Nutzflächen Ägyptens liegen, durch die Anhebung des Meeresspiegels von Überschwemmungen, Versalzung und Landverlust bedroht. Zudem verursachen die sich vergrößernden Temperaturunterschiede zwischen Tag und Nacht Hitzestress für Pflanzen und führen zu geringeren Ernten. Einige Arten leiden zusätzlich unter den wärmeren Wintern und kürzeren Kältezeiten (keine Blüte und Pollenzerstörung).

Ressourcenschonung: Dem Einsatz natürlicher Materialien für Verpackungen im Verkauf und in der Logistik wird sehr positiv gegenübergestellt. Die Suche nach Torfersatzstoffen, um natürlichen Ressourcen zu schonen, stellt unter deutschen Experten ein weiteres präsent Thema in dieser Kategorie dar. In verschiedenen Gesprächen kamen Fachleute auch immer wieder auf die durch Agrarfolien verursachten hohen Abfallmengen und Entsorgungskosten (im Falle von PA-Produkten auch Recyclingprobleme) zu sprechen.

In Nordafrika spielten neben der Kritik an Kunststoffverpackungen, hauptsächlich Energieeinsparung, Abfallmanagement sowie Kreislaufwirtschaft im Agrarbereich und die Rationalisierung des Wasserverbrauchs, sei es durch Recycling, Entsalzungstechnologien oder durch politische Maßnahmen, eine wesentliche Rolle.

Kontaminationen: Der Eintrag von Plastikresten und Mikroplastik in den Boden stellt ein zunehmendes Problem dar, dass allerdings ausschließlich in Deutschland thematisiert wurde. Bindematerialien, Agrarfolien und Verwirrdispenser zur Schädlingseindämmung im Obst- und Weinbau wurden hauptsächlich als Quellen für derartige Verschmutzungen angegeben.

Boden- und Nährstoffqualität: Neben Schadstoffbelastungen und der Überdüngung, stehen in Deutschland Fragestellungen um den Erhalt von Bodenfruchtbarkeit und -biodiversität sowie dem Entgegenwirken der Austrocknung und Erosion von Böden im Vordergrund.

Die Versalzung des Bodens und des Grundwassers bewerteten Experten im nordafrikanischen Raum als gravierendes Problem. Die starke Verdunstung fördert diese Entwicklung. Gleichzeitig nimmt der organische Anteil in den Böden ab bzw. regeneriert sich nicht ausreichend, sodass es schwieriger wird wichtige Kulturen anzubauen. Zudem lassen das relativ niedrige Einkommen im nordafrikanischen Raum und die steigenden Preise für Düngemittel viele Produzenten beim Dünger sparen, was wiederum noch niedrigere Erträge nach sich zieht. Allerdings wurde auch das Überdüngen einzelner Landwirte und die dadurch verursachten Grundwasserprobleme kritisiert.

Intensivierung der Landwirtschaft: Nordafrikanische Experten gehen davon aus, dass ein großer Anteil der bereits verloren gegangenen Landflächen nicht wieder in fruchtbare Böden umgewandelt werden kann. Deshalb wird von Fachleuten im nordafrikanischen Raum die Intensivierung der Landwirtschaft auf den vorhandenen fruchtbaren Gebieten durch innovative Technologien mit hoher Effizienz sowie das Ausweichen auf Sonderanbauformen wie hydroponische Systeme oder Vertical Farming als ein Lösungsweg gesehen.

In Deutschland stehen Experten einer Intensivierung der Landwirtschaft eher kritisch gegenüber. Zum einen wird sie als weitestgehend ausgeschöpft betrachtet (außer in den Bereichen Digitalisierung und neue Anbauverfahren). Zum anderen kommt sie ausschließlich in hoch spezialisierten Betrieben mit einer geringen Anzahl angebauter Kulturarten zum Tragen und wird außerdem weitestgehend mit einer unökologischen Landwirtschaft in Verbindung gebracht. Vielmehr erscheint für viele Befragte, gerade auch für konventionell arbeitende Landwirte, ein Kompromiss aus heute üblicher industrieller und ökologischer Landwirtschaft vorstellbar und erstrebenswert.

Biodiversität/ digitale Landwirtschaft/ Tierwohl- und Gesundheit: Diese Themen wurden ausschließlich in Deutschland angesprochen und spielten im nordafrikanischen Raum keine Rolle. Getragen wurden die Gespräche von den aktuellen Diskussionen über das Bienen- und Insektensterben sowie der Forderung, Umweltleistungen, z. B. das Anpflanzen von Blühstreifen oder von Landschaftsstrukturelementen, stärker zu honorieren.

Die Digitalisierung spaltet das Meinungsbild. Ein Teil der Befragten sieht hierin die Zukunft und setzt sie bereits ein. Für sie ermöglicht die digitale Landwirtschaft bereits heute zielgenaue Düngung, perspektivisch aber auch die Einsparung manueller Arbeit bei Unkrautbeseitigung und Ernte oder das Zurück zu kleineren Feldern durch Schwarmtechnologien. Andere Befragte stehen der digitalen Landwirtschaft eher skeptisch gegenüber und bemängelt Aspekte des Datenschutzes, den riesigen IT-spezifischen Aufwand solcher Systeme und die Gefahr, dass kleinere Betriebe hierfür keine Kapazitäten hätten und weiter abgehangen werden.

Die Nennungen zu Tierwohl und -gesundheit resultieren aus den Gesprächen mit Landwirten, die Tierhaltung betreiben und sind in ihrer Meinungsausprägung stark von der Bewirtschaftungsform abhängig.

Leistungssteigerung von Pflanzen/ Nach-Ernte-Verluste: Beide Themen sind im nordafrikanischen Raum stärker ausgeprägt. Die mangelnde Anpassung von Saatgut an die Vor-Ort-Bedingungen in Nordafrika, wie Klima, Bodenbeschaffenheit, Niederschlagsmengen und Pflanzenkrankheiten stehen im Vordergrund. Aber auch die Abhängigkeit von multinationalen Saatgutkonzernen wird kritisiert.

Die Nennungen bei den Nach-Ernte-Verluste beziehen sich auf Probleme bei Handling, Transport und der Lagerung von Lebensmitteln (v. a. Kartoffeln, Tomaten und Getreide).

In der Grafik nicht erfasst sind Aussagen zur **EU-Agrarförderungspolitik** (nur Deutschland). Als problematisch wurde insbesondere die flächenbezogene Subventionspolitik der EU für Landwirte beurteilt. Auch konventionelle Produzenten bedauern, dass kaum Anreize für eine ökologische Arbeitsweise geschaffen werden. Viele Produzenten stellen ebenfalls die Unbeständigkeit politischer Entscheidungen sowie die Verschärfung von Gesetzen und deren Schwierigkeiten bei der praktischen Umsetzung vor große Herausforderungen.

Sehr häufig wurden auch die **öffentliche Wahrnehmung der Landwirtschaft und die bestehenden Marktverhältnisse** von deutschen Interviewten in den Gesprächen thematisiert. Besonders in der konventionellen Landwirtschaft führen die durch den Markt diktierten Anforderungen zu schlechter Ertragslage und Unwirtschaftlichkeit. Zahlreiche Landwirte und Gärtner fühlen sich sehr stark dem Preisdruck ausgeliefert, der durch die Marktmacht der Handelsketten, die internationale Konkurrenzsituation und das preisgetriebene Verbraucherverhalten aufgebaut wird. Experten bemängelten häufig, dass die Mehrheit der Konsumenten noch nicht bereit ist, für Regionalität und Qualität einen höheren Preis zu zahlen, wenngleich für einige der Befragten ein Trend in diese Richtung erkennbar ist. Das Gros der konventionell arbeitenden Produzenten sieht sich häufig zu Unrecht durch Medien und Verbraucher kritisiert und von Laien bevormundet. Im ökologischen Landbau spielen eher höheren Mehrkosten, z. B. für die arbeitsintensive Unkrautregulierung oder den häufig doppelt so hohe Personaleinsatz bei niedrigeren Ernteerträgen eine Rolle, insbesondere für Standardkulturen.

Die nachfolgenden Übersichten (Tab. 1 und Tab. 2) fassen Trends und daraus resultierende Rationalisierungsbedarfe, die für die Machbarkeitsstudie von wesentlicher Bedeutung sind, zusammen. Als Quellen hierfür dienen sowohl die Gespräche mit den befragten Experten als auch Literaturrecherchen. Der Verpackungsbereich wird in den weiteren Betrachtungen ausgeklammert.

Tab. 1: Relevante Trends und Rationalisierungsbedarfe in Deutschland

Trends	Rationalisierungsbedarfe
Deutschland	
• weitere Zunahme von klimatischen Verschiebungen und Extremen • fortschreitende Digitalisierung, z. B. Einsatz von Schwarmtechnologien • Ausbildung neuer Kostenszenarien durch weitere Beschränkungen bei Pflanzenschutzmitteln • Kompromiss aus konventioneller und ökologischer Landwirtschaft vorstellbar • doppelter Personaleinsatz und bis max. 50 % niedrigere Ernteerträge im ökologischen Landbau (kulturabhängig) • mehr Regionalität und Qualitätsbewusstsein, obwohl Verbraucherverhalten dies momentan noch nicht widerspiegelt • Verbot nicht abbaubarer Kunststoffe durch steigende Bodenbelastung und Flächenversiegelung vorstellbar • gesellschaftlicher Druck führt zu zunehmender Honorierung von Umweltleistungen	⇒ Alternativen für die Unkrautbeseitigung- / unterdrückung mit wenig Arbeitsaufwand ⇒ Management von Bodenfeuchtigkeit, Bewässerung und Erosionsschutz ⇒ Schaffen von Wachstumsvorteilen in der Pflanzenanzucht ⇒ weitere Anpassungsleistungen an den Klimawandel ⇒ Reduzierung arbeitsaufwendiger Pflege und Ernte ⇒ Ersatz von Kunststoffen in den Bereichen Agrarfolien und bei Einmalanwendungen bei Dauerkulturen ⇒ nachhaltige Lösungen für das Vertical & Urban Farming und den Gartenbau wie biologisch abbaubare Substratersatzstoffe samt Halteapparaten/ Töpfen ⇒ Lösungen zur Verbesserung der CO₂-Bilanz in der Landwirtschaft

Tab. 2: Relevanten Trends und Rationalisierungsbedarfe im nordafrikanischen Raum

Trends	Rationalisierungsbedarfe
Nordafrikanischer Raum	
• schrumpfende Wasserressourcen durch Klimawandel und Staudammbau • Verknappung der Ressource Boden durch Überschwemmungen und Desertifikation • einhergehend mit Verschlechterung der Bodenqualität durch Versalzung und Humusabbau • Verlust der Biodiversität durch klimatische Verschiebungen • unbedachter oder fehlender Einsatz von Pestiziden und Düngemitteln • schlechte Lager- und Transportbedingungen führen zu Nach-Ernte-Verlusten • Zunahme alternativer Bewirtschaftungsmethoden und des ökologischen Anbaus • Öffentliche Diskussion zum Plastikeinsatz von Einweg-Produkten	⇒ Verbesserungen des Wasserrückhaltevermögens und zum Verdunstungsschutz des Bodens ⇒ Möglichkeiten zum Manipulieren der Bodenstruktur und zur Aufwertung von Böden, z. B. Humusbildung, Wasserbindung, Rückgewinnung versalzener Böden ⇒ Lösungen zur gezielten Nährstofffreigabe und zum effizienten Einsatz von Pestiziden und Düngern ⇒ Pflanzenschutz gegen Hitze, aber auch vor Morgentau und hoher Luftfeuchte ⇒ Reduzierung von Lebensmittelverlusten und Verbesserung der Lebensmittelsicherheit ⇒ nachhaltige Lösungen für das Vertical und Urban Farming, wie biologisch abbaubare Substratersatzstoffe samt Halterungen

3 Überblick Interviewrunde 2 mit Stakeholdern aus der Papiertechnik

3.1 Tätigkeitsschwerpunkte

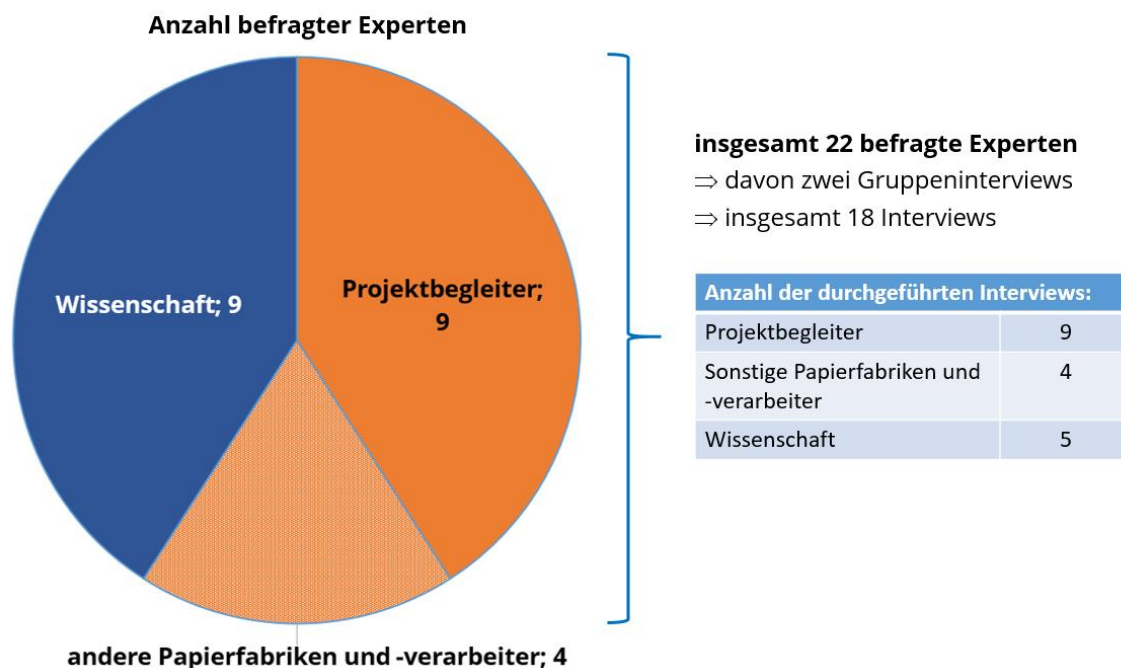


Abb. 3: Interviewte Experten und Anzahl geführter Interviews in der Papierbranche (Einfachnennung)

Insgesamt wurde 22 Experten aus der Papierbranche interviewt. Es nahmen neun Projektbegleiter aus den F&E-Abteilungen der beteiligten Papierfabriken, vier Fachleute aus weiteren Papierfabriken bzw. von -verarbeitern sowie neun Wissenschaftler an den Gesprächen teil (siehe Abb. 3). Zwei der Interviews mit Wissenschaftlern wurden dabei als Gruppeninterviews durchgeführt. Anlage 4 listet alle befragten Experten, die ihre Zustimmung hierfür erteilt haben.

In den Gesprächen mit Fachleuten aus der Papierbranche lag der Fokus auf der Beurteilung der technischen Umsetzbarkeit für die ermittelten und in nachfolgenden Kapitel dargelegten Forschungsbedarfe (siehe auch Anlage 3: Gesprächsleitfaden Stakeholder Papierbranche).

3.2 Ableitung von Forschungsbedarfen aus Interviewrunde 1 (Landwirtschaft)

Nachfolgend wird ausschließlich auf technisch relevanten Forschungsbedarf eingegangen. Die benannten Anforderungen für landwirtschaftliche Anwendungen können heute nur unzureichend bzw. gar nicht mit Papieren erfüllt werden, ihre Funktion wird aber von den Befragten als unabdingbar benannt (siehe Abb. 4). Andere wissenschaftliche Aspekte, die durchaus einer weiteren Untersuchung bedürften, werden außer Acht gelassen (z. B. Untersuchungen zu Preisspielräumen).

Häufig gehen die identifizierten Forschungsbedarfe ineinander über. Zudem verlangen viele der möglichen Einsatzgebiete nach einer **Kombination anscheinend entgegenstehender Eigenschaften**, wie z. B. Wasserresistenz auf der einen und biologischer Abbaubarkeit auf der anderen Seite. Gleichwohl spielt die **Schadstoffunbedenklichkeit** für zukünftige Anwendungen eine entscheidende Rolle, so dass auch hier alle zur Manipulation von Papieren eingesetzten und im Material verbleibenden Mittel Kriterien der Umweltkompatibilität erfüllen müssen. Deshalb lehnten einige der befragten Fachleute den Einsatz von Produkten aus Altpapieren im landwirtschaftlichen Bereich strikt ab. Auch sind für viele der Anwendungen geringe **Massen und Dicken/Materialstärken** ein wichtiges Kriterium, um die vorhandene Ausbringungstechnik auf Rollen effizient nutzen zu können.



Abb. 4: Forschungsbedarfe und Randbedingungen

1. Kontrollierte biologische Abbaubarkeit: Für alle Anwendungen, die nach ihrer Nutzungsdauer auf dem Feld verbleiben sollen und die in den allermeisten Fällen feuchten Umgebungs- und schwankenden Wetterbedingungen ausgesetzt sind, ist die kontrollierte biologische Abbaubarkeit ausschlaggebend für die Akzeptanz. So unterschiedlich die Anwendungsgebiete, so unterschiedlich sind auch die Anforderungen an das Abbauverhalten. Sie richten sich in erster Linie nach der Kulturzeit und/oder dem Einsatzzweck. Die Abbaubarkeit hat zum richtigen Zeitpunkt zu beginnen und sollte im Anschluss möglichst schnell von Statten gehen. Dabei wirken sich vor allem die Bodenbeschaffenheit und die klimatischen Bedingungen standortabhängig sehr verschieden auf die Abbaugeschwindigkeit aus, was eine sehr große Herausforderung darstellt. Schaltbaren Systemen zum Starten der biologischen Abbaubarkeit zu erforschen, kann hier ein vielversprechender Ansatz sein, den Verrottungsprozess zu steuern.

2. Feuchtebeständigkeit: Fast alle in der Landwirtschaft eingesetzten Produkte müssen zumindest eine gewisse Feuchtebeständigkeit vorweisen können. Viele potenzielle Anwendungen, beispielsweise für Hydrokulturen oder die Pilzzucht, sind sogar extremer Feuchtigkeit oder permanenter Bewässerung ausgesetzt.

3. Dimensionsstabilität: Aber nicht nur der feuchtebedingte Zerfall, sondern auch der Verzug des Materials durch Feuchteeinwirkungen spielen in diesem Zusammenhang eine Rolle. Mulchpapiere als Ersatz für PE-Folien zur Unkrautunterdrückung konnten sich unter anderem nicht durchsetzen, da die durch Nässe einsetzende Feuchtdéhnung Pflanzlöcher verschob und die „arbeitenden“ Papiere nach einer Weile die Kulturpflanzen überdeckten.

4. Mechanische Stabilität/Reißfestigkeit: Für viele potenzielle Anwendungen sind die Erfüllung hoher mechanischer Anforderungen und die Stabilität ein ausschlaggebendes Kriterium. Papiere für Einsatzzwecke in der großflächigen Landwirtschaft müssen ohne Einreißen – und unter Umständen mit großen Maschinen – auf- und abrollbar sein, sowie Windkräften und dem Betreten von Tier und Mensch standhalten. Auch Topfanwendungen, die mit Hilfe von Pflanzmaschinen befüllt und ausgebracht werden, benötigen Formstabilität und Reißfestigkeit beim Handling in der Produktion.

5. Elastische Eigenschaften wie Dehnung und Duktilität: Ein gewisser Grad an Elastizität wird für die meisten landwirtschaftlichen Anwendungsfelder benötigt, sei es für Netzersatzfolien bei

Rundballen aus Stroh und Heu, für den Folieneinsatz bei Dammkulturen wie Spargel, aber auch für Bindematerialien, die mit der Pflanze mitwachsen. Ein reiner Ersatz von Kunststoff durch Papier erscheint da unwahrscheinlich, wo sehr hohe Dehnungen zur Anwendung kommen, z. B. bei Wickelfolien für Silageballen.

6. Dichtheit/Durchlässigkeit gegen Wasser, Wasserdampf und Sauerstoff/Luft: *Luft- und Gasdichtheit* sind in der Landwirtschaft überall dort erforderlich, wo Gärprozesse ablaufen wie z. B. bei der Silierung. Der Bedarf an Ersatzwerkstoffen, zumeist für PE-Produkte, die die nötigen Eigenschaften erfüllen und nach über einjähriger Nutzung kompostiert, in der Biogasanlage abgebaut oder verfüttert werden können, wird von vielen interviewten Landwirten als hoch eingeschätzt.

Die *Durchlässigkeit von Wasser*, häufig auch nur von einer Seite oder in eine Richtung, ist z. B. für Abdeckungen, die neben der Unkrautunterdrückung auch die Bodenfeuchtigkeit regulieren sollen, ein wichtiger Aspekt. Angestrebt wird, dass das Wasser durch die Abdeckungen in den Boden gelangt und dort gehalten wird, was in umgekehrter Richtung wieder eine gewisse *Dichtheit gegen Wasserdampf* verlangt.

Wasserabweisende Eigenschaften spielen hingegen bei Anwendungen für die Lagerung eine Rolle, z. B. bei Kartoffel- und Rübenschutzvliesen. Gleichzeitig erfordern diese Produkte aber auch eine *dampfdiffusionsoffene* Auslegung, um die Schimmelbildung zu vermeiden. Gewisse wasserabweisende Eigenschaften werden ebenfalls bei allen Abdeckungen für Verfrühung und Frostschutz verlangt.

7. Wasserspeicherung und gezielte Wasserfreisetzung: Viele der Interviewten unterstrichen, dass künftig Anwendungen zur Wasserspeicherung und zum Verdunstungsschutz für den Boden immer wichtiger werden. In Ägypten bereitet die Wasserknappheit bereits jetzt schon akute Probleme. Aber auch deutsche Experten prognostizierten einen steigenden Bedarf an Bodeninhaltsstoffen oder -bedeckungen, die Wasser speichern, z. B. für viele Gemüsearten. Produkte, die eine gezielte Wasserfreigabe über einen bestimmten Zeitraum oder über vorgegebene Wege zur Pflanze zulassen, werden voraussichtlich einen hohen Stellenwert bekommen.

8. Transparenz und Dicke: Die Eigenschaften einer gewissen Transparenz und eines geringen „Gewichts“ (Masse) zählen zu den Anforderungen, die für Verfrühungs- und Gemüsevliese zu erfüllen sind. Sie dienen als Gewächshausersatz und für den Pflanzenschutz vor Insekten und Kälte. Gärtnereien gaben zudem an, dass sie einen großen Bedarf für transparente Verpackungen auf Papierbasis im Verkauf sehen, was in nachfolgender Auswertung allerdings keine Berücksichtigung findet.

9. Dämmeigenschaften: Cellulosefaserhaltige Materialien dämmen von Natur aus gut gegen Kälte und Wärme. In Kombination mit weiteren geforderten Eigenschaften ist dieses Charakteristikum Gegenstand zusätzlicher Untersuchungen. Für Spezialanwendungen wie einer Dammkühlung im Spargelanbau ergibt sich sehr konkreter Forschungsbedarf.

10. UV-Beständigkeit: Im Punkt UV-Beständigkeit bieten cellulosefaserhaltige Materialien Vorteile gegenüber Kunststoffen. Die beobachtete geringe UV-Stabilität von Plastikprodukten und der dadurch verursachte Eintrag von Mikroplastik in die Umwelt wurden von vielen der Befragten kritisch bewertet. Für Freilandanwendungen ist eine maximale UV-Beständigkeit von bis zu zwei Jahren nötig (beispielsweise für Siloabdeckungen). Ein Verfärben des Materials kann bei landwirtschaftlichen Anwendungen durchaus hingenommen werden, ein durch den Alterungsprozess hervorgerufenen spröderes Materialverhalten innerhalb der Nutzungsdauer stellt hingegen ein Problem dar.

11. Funktionalisierungsmöglichkeiten mit biobasierten und schadstofffreien Stoffen: Großes Potenzial sehen die Interviewten im Einbringen zusätzlicher Stoffe, die das Pflanzenwachstum fördern. Aber auch der Zusatz von Vergrämungsmitteln gegen Nager und

Krähen oder Pheromonen zum Anlocken bzw. Abschrecken bestimmter Insekten kommt als Applikation in Frage. Für einige der zugesetzten Stoffe wie Dünger oder Duftstoffe ist dabei eine gezielte Freigabe, über Monate oder zu bestimmten Zeitpunkten, von hoher Wichtigkeit. Auch die Manipulation von Oberflächen, sei es durch aufgetragene Striche oder durch mechanische Einwirkung, bietet Spielraum für neue Funktionalisierungen.

3.3 Einschätzung des Forschungsbedarfs durch Experten der Papiertechnik

Von den Gesprächspartnern in der Papierbranche sollte eingeschätzt werden:

- wodurch der zukünftige Stand des jeweiligen Forschungsbedarfs (schadstofffreie Möglichkeiten) beeinflussbar sein könnte,
- ob die Machbarkeit realistisch oder eher unrealistisch erscheint,
- welcher Zeithorizont für F&E-Aktivitäten angesetzt werden müsste,
- welche Forschungsbedarfe für Papier die größten Hindernisse darstellen.

Außerdem beurteilten die Experten, welche Anwendungsfelder ihrer Meinung nach das größte Potenzial versprechen. Optional wurden einige der Gesprächspartner nach ihrer Meinung zu nötigen Prozessanpassungen bei der Papierherstellung und -verarbeitung befragt. Fachleute, die bereits Erfahrungen in der Entwicklung bzw. im Vertrieb von Papieren für den Landwirtschaftssektor besaßen, schilderten zusätzlich ihre Erkenntnisse hierüber.

Um den Forschungsbedarf für jede der Anforderung zu bewerten, wurden die Antworten für einige der Fragen, wie in Tab. 3 angegeben, gewichtet und im Anschluss über alle Interviews summiert.

Tab. 3: Befragungsinhalt und Wichtung, inkl. Beispiel für die Berechnung des Forschungsbedarfs

Abgefragter Inhalt je Anforderung	Wichtung in Punkten		A	L	M	N	T
		1		Interview 1	Interview 2	Interview ...	Summe
Machbarkeit: realistisch unrealistisch keine Aussage	-	44	Wasserspeicherung + gezielt				54,5
		45	Machbarkeit	realistisch	realistisch	realistisch	
		46	Aufwand	3	3	1,5	
		47	Zusatzpunkt unrealistisch				
		48	Zusatzpunkt Hindernis				
	7	51	Reißfestigkeit				60,5
		52	Machbarkeit	realistisch	realistisch	realistisch	
		53	Aufwand	3	2	2	
		54	Zusatzpunkt unrealistisch				
		55	Zusatzpunkt Hindernis	3	3	3	
	-	58	Elastische Eigenschaften				109,5
		59	Machbarkeit	unrealistisch	realistisch	realistisch	
		60	Aufwand		2	2,5	
		61	Zusatzpunkt unrealistisch	7			
		62	Zusatzpunkt Hindernis	3	3	3	
Forschungsbedarf: langfristig (> 5 Jahre) mittelfristig (2-5 Jahre) kurzfristig (bis 2 Jahre)	3 2 1	65	Transparenz + Dicke				77
		66	Machbarkeit	unrealistisch	unrealistisch	realistisch	
		67	Aufwand			2	
		68	Zusatzpunkt unrealistisch	7	7		
		69	Zusatzpunkt Hindernis				
benannte Hindernisse	3	72	UV-Beständigkeit				31
		73	Machbarkeit	realistisch	realistisch	realistisch	
		74	Aufwand	3	1	3	

Hieraus ergibt sich die auf nachfolgender Seite dargestellte Grafik (Abb. 5). Sie veranschaulicht ebenfalls, wie häufig die jeweilige Anforderung als Hindernis bewertet und eine technische Umsetzung als unrealistisch eingeschätzt wurde.

In knapp der Hälfte aller Interviews wird die Abbildung hoher **Elastizitäten** und **Transparenz plus geringer Dicke** durch Papiere als unrealistisch eingeschätzt, jedoch stellen elastische Eigenschaften wie Dehnung und Duktilität mit Abstand die größte Herausforderung für die Forschung und Entwicklung dar. Zwar verweisen viele Experten auf die Möglichkeit mit Mikrokreppung Dehnungen bis zu 50 % zu erreichen, befürchten aber, dass noch höhere

Elastizitäten auch zukünftig für Papiere unrealistisch erscheinen. Sie werteten die Erfüllung dieser Anforderung als größtes Hindernis, cellulosefaserhaltige Materialien im Agrarbereich zu etablieren. Interessanterweise bezweifeln genauso viele Gesprächspartner Transparenz und geringe Dicke umsetzen zu können. Dennoch sah niemand in dieser Anforderung einen Hindernisgrund, was den Forschungsbedarf für Transparenz und geringe Dicke mit beachtlicher Differenz auf Platz 2 rutschen lässt.

Für alle weiteren Anforderungen erscheint die Machbarkeit weitgehend realistisch, auch wenn hierfür teilweise ein hoher Forschungsaufwand betrieben werden müsste, wie im Falle der **kontrollierten biologischen Abbaubarkeit**. Sie und die **Reißfestigkeit** wurden häufig als weitere größte Hindernisgründe bei der Entwicklung von Papieren für die Landwirtschaft benannt. Dabei äußerten die Interviewten gerade für die biologische Abbaubarkeit sehr verschiedene Ansätze, die Forschung in diesem Bereich vorwärts zu treiben, sei es durch eine Steuerung über elektrische Impulse oder das Einbringen von natürlichen Nano- oder Mikrokompositen in Papieren.

Mit hohen Forschungsaufwänden ist auch die Erfüllung der Anforderungen **Wasserspeicherung und gezielte Wasserfreisetzung** sowie **Dichtheit gegen Gase, Luft und Sauerstoff** verbunden. Zwar schätzt der Großteil der Befragten die Abbildung dieser Eigenschaften durchaus als realistisch ein, gibt aber an, dass dies nur durch langwierige Forschungen erreichbar ist.

Da der Forschungsbedarf deutlich durch die überdurchschnittliche Wichtung der Angaben „unrealistische Machbarkeit“ und „größte Hindernisse“ bestimmt wird, rangieren alle weiteren Anforderungen sehr nah beieinander. Erwähnenswert ist hierbei lediglich, dass sich Funktionalisierungsmöglichkeiten und Feuchtebeständigkeit mit jeweils drei Nennungen als Hindernisgrund von den restlichen Anforderungen abheben.

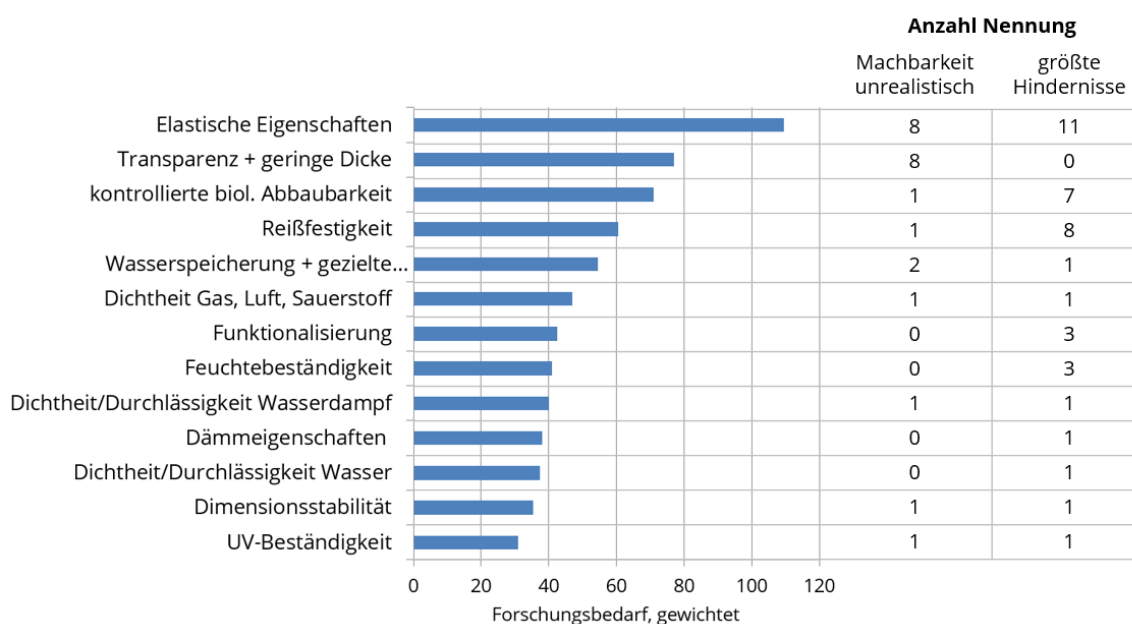


Abb. 5: Summe der gewichteten Forschungsbedarfe je Anforderung, Benennung als Hindernis und Einschätzung als unrealistische Machbarkeit

4 Gesamtauswertung zu potenziellen Anwendungsfeldern

4.1 Definition von Anwendungsfeldern

Die Gespräche über Probleme, Rationalisierungsbedarfe und vorstellbare Einsatzbereiche veranlassten die Interviewten teils sehr konkrete Produktideen zu äußern. Die Vorschläge rangieren dabei in der Bandbreite zwischen Massen- und Nischenprodukten, großflächigen und sehr kleinteiligen Anwendungen, bereits vorhandenen Papierprodukten mit erheblichem Verbesserungsbedarf und völlig neuartigen Anregungen für Einsatzbereiche.

Die Befragten fokussierten sich in ihren Ideen vorwiegend auf Ersatzprodukte für Einmalanwendungen aus Kunststoff sowie generell auf Anwendungen, die durch ihre biologische Abbaubarkeit einen Vorteil versprechen. Einmalanwendungen sind in der Landwirtschaft sehr gängig, denn viele Produkte können durch wetterbedingte Beschädigungen sowie Erdverschmutzungen nicht mehrmals eingesetzt werden.

Die Informationen aus den Interviews (Problemfelder, Trends, Rationalisierungsbedarfe, potenzielle Einsatzgebiete, konkrete Projektvorschläge) wurden zu Anwendungsfeldern gebündelt und intern diskutiert. In Tab. 4 sind die durch Interviewte und das Projektteam eingeschätzten Anwendungsfelder mit Zukunftspotenzial aufgelistet.

Tab. 4: Definierte Anwendungsfelder für die Gesamtauswertung

Mulche für den Einsatz im Freiland, unterschieden nach Haltbarkeiten			
Mulche FL 2 Monate	Mulche FL 4 Monate	Mulche FL 6 Monate	Mulche FL > 1,5 Jahre
Sonstige flächige Anwendungen für den Freilandeinsatz			
Abdeckungen für Ver- frühung + Frostschutz	Dämmmatten Spargelanbau	Siloabdeckungen für Fahr- und Flachsilos	
Sonstige Anwendungen			
3D-Substrate für Gewächshaus und Vertical Farming, unterschieden nach Haltbarkeiten			
3D-Substrate 1 Monat	3D-Substrate 3 Monate	3D-Substrate 6 Monate	3D-Substrate 9 Monate
Pheromonausbringung	Wasser-Boden- Management		



Abb. 6: Mulchfolien im Gemüseanbau, Bildquelle:
© Florian Gerlach / [wikimedia.org](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mulchfolie.jpg)

Mulche für den Freilandeinsatz: Viele Stakeholder aus dem Agrarbereich bescheinigten flächigen Anwendungen, die der Unkrautregulierung sowie dem Erosions- und Verdunstungsschutz dienen, und zudem biologisch abbaubar sind ein hohes Bedarfspotenzial. Auch die befragten Experten aus dem Papiersektor sehen in solchen Lösungen große Chancen. Abhängig von der angebauten Kultur und ihrem Wachstumsverhalten sowie der Pflanzenphysiognomie, hat die Abbaubarkeit zu unterschiedlichen Zeitpunkten zu erfolgen. Nach Einsetzen der Abbaubarkeit sollte sie dann jedoch schnell, innerhalb weniger Monaten, von staten gehen.



Abb. 7: Vliese im Erdbeeranbau, Bildquelle: eigene Aufnahme

Abdeckungen zur Verfrühung und zum Schutz gegen Fröste: Auch hier handelt es sich um Anwendungen zur Substitution von Kunststoffen. Sie werden direkt auf den Pflanzbestand gelegt. Minitunnel und begehbare Tunnel dienen zwar auch der Verfrühung, werden aber nicht in die Betrachtungen einbezogen. Da sich Abdeckungen zur Verfrühung und zum Frostschutz stark in ihren Anforderungen ähneln und hierfür dieselben Abdeckungen genutzt werden, stellen sie nachfolgendend ein gemeinsames Anwendungsgebiet dar. Sie schützen zum einen vor kalten Winden, der die Austrocknung der Pflanzen bewirkt (Frostschutz). Zum anderen sammelt sich unter ihnen Wärmestrahlung der Sonne und erzeugt so ein Mikroklima über dem Boden, dass die Anbauperioden durch Verfrühung verlängert.



Abb. 8: Spargelanbau unter Folie, Bildquelle: © Zumthie / [wikimedia.org](https://www.wikimedia.org/)

Dämmmatten für den Spargelanbau: Um größere Erntemengen am Markt abzusetzen, wird mit Hilfe von Schwarz-Weiß-Folien zur Erderwärmung und -kühlung ein Großteil des Edelgemüses stark verfrüht und verspätet angebaut. Seit einigen Jahren steigen die Temperaturen durch den Klimawandel in den Spargeldämmen meist schon Ende Mai derart, dass sie die späte Ernte gefährden. Die bisher eingesetzten Folien mit der weißen Fläche nach oben gedeckt, die die Sonnenstrahlung vom Damm reflektieren, erfüllen die Schutzfunktion zum Kühlen der Dämme kaum noch. Neue Lösungen zur Regulierung der Temperaturen werden dringend gesucht. Gut vorstellbar ist hier der Einsatz von

Cellulosematten, die gegen Ende der Erntesaison unter den üblichen Folien platziert und abends mit Wasser berieselt werden, um dann tagsüber den Damm durch Verdunstungskälte zu kühlen [1].



Abb. 9: Verdichten des Silierguts in einem Fahrsilo, Bildquelle: © Felagund / [wikimedia.org](https://www.wikimedia.org/)

Siloabdeckungen für Fahr- und Flachsilos: Landwirtschaftsbetriebe mit Tierhaltung und Ackerbau silieren hauptsächlich Mais und Futterpflanzen, um diese haltbar zu machen und dann später an Vieh zu verfüttern oder in Biogasanlagen in Strom umzuwandeln. Dabei existieren unterschiedliche Arten des Silierens. Größere Betriebe besitzen meist Fahrsilos aus Beton mit hohem Fassungsvermögen (siehe Abb. 9). Dort wird die Ernte eingefahren, zügig verdichtet, mit Folien abgedeckt und beschwert. Kleinere Unternehmen nutzen hingegen oft die sogenannte Schlauch- oder Ballensilierung über externe Dienstleister. Fremdfirmen pressen die Erntemengen unter sehr hohem Druck in extrem elastische

Schläuche oder Ballen aus PE, welche im Anschluss direkt auf dem Feld gelagert werden. Diese Art des Silierens wird im Weiteren aufgrund der geforderten außerordentlichen Elastizitäten nicht vertiefend betrachtet. Egal jedoch, welche Art des Silierens angewandt wird, verursachen diese Einmalanwendungen große Abfallmengen und Entsorgungskosten.



Abb. 10: Kokosmatte im Frühgemüsezentrum Kaditz, Bildquelle: eigene Aufnahme

3D-Substrate für den Einsatz in Gewächshaus und Vertical Farming: In geschlossenen Bewässerungs- und Düngungssystemen werden hauptsächlich Steinwolle und Perlite, seltener Kokosfasern oder Torf, als Pflanzsubstrate verwendet und gegebenenfalls durch eine Ummantelung zusammengehalten (siehe Abb. 10). Der weitaus größte Mengenanteil an Substraten ist nicht biologisch abbaubar und verursacht hohe Entsorgungskosten. Torf wiederum ist ein endlicher Rohstoff und seine Verwendung wird künftig verboten werden. Auch Kokos bietet nur eine begrenzte Alternative. Deshalb wird gegenwärtig intensiv an biologisch abbaubaren und einheimischen Torfersatzprodukten geforscht.



Pheromonausbringung: Die Pheromonausbringung für den Wein- und Obstbau erfolgt zum Großteil über Dispenser aus herkömmlichen Kunststoffen, dargestellt wie in Abb. 11. Hier sind sehr kleinteilige Lösungen gefragt, die pro Hektar aber in großer Stückzahl ausgebracht werden. Interviewte aus dem Wein- und Obstbau kamen immer wieder auf die sehr erwünschte, jedoch bis jetzt noch nicht umgesetzten Abbaubarkeit für diese spezielle Art von Verpackungen zu sprechen. Zu prüfen ist in diesem Zusammenhang auch, ob es für Pheromone als Funktionalisierung in flächigen Produkten sinnvolle Anwendungen gibt.

Abb. 11: Pheromondispenser RAK BASF, Bildquelle:
© Roger Kreja / [wikimedia.org](https://www.wikimedia.org/)

Wasser-Boden-Management: Vor allem Experten aus dem nordafrikanischen Raum sehen Chancen cellulosefaserhaltige Materialien zur Verbesserung des Wasserrückhaltevermögens im Boden einzusetzen. Aber auch in Europa nimmt dieses Thema durch die Klimaveränderungen zunehmend an Interesse zu. Völlig unklar dabei ist jedoch, auf welche Art und Weise so eine Lösung realisiert werden könnte. Können hier flächige Materialien als Bodenschichten dienen? Oder erscheint das Unterpflügen von Granulaten auf Papierbasis vielversprechend? Das Anwendungsgebiet ist zum derzeitigen Stand nur vage zu erfassen, es ist aber vorstellbar, dass sich hier viele Möglichkeiten für Funktionalisierungen bieten. Im weiteren werden ausschließlich im Boden einbringbare Ansätze bewertet. Der Bereich Verdunstungsschutz durch Bodenabdeckungen findet in der Auswertung für Mulche im Freiland Einsatz Berücksichtigung.

4.2 Methodik für die Gesamtauswertung

Die Auswertung der gesammelten Daten soll, wie in Abb. 12 und Abb. 13 dargestellt, für jedes der definierten Anwendungsfelder als:

- Portfoliodarstellung nach Rängen (Blasendiagramm, dass Anforderungsprofile, Forschungsbedarfe und Flächenpotenziale gegenüberstellt) und
- SWOT-Analyse erfolgen.

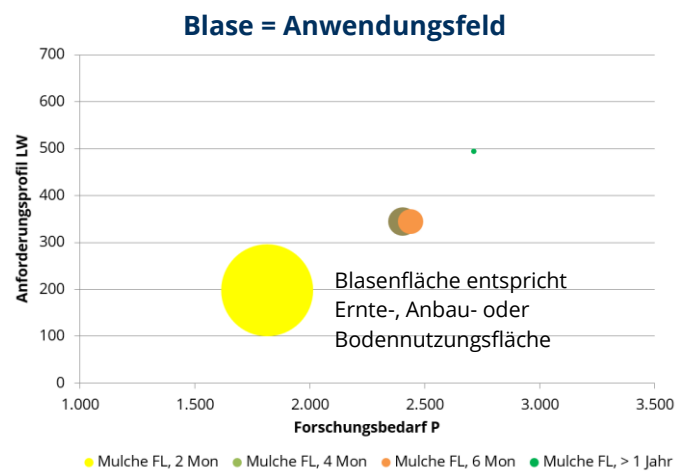


Abb. 12: Portfoliodarstellung nach Rängen am Beispiel

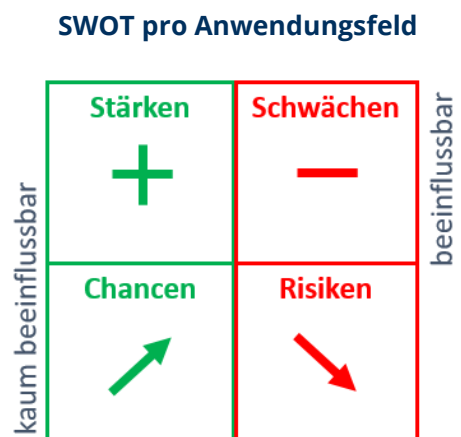


Abb. 13: SWOT-Analyse am Beispiel

Berechnung der Anforderungsprofile Landwirtschaft: Das Anforderungsprofil aus landwirtschaftlicher Sicht ergibt sich zum einen aus der Bewertung der für die Anwendung spezifizierten Anforderungen und einer Bewertung für die Komplexität an Anforderungen (siehe Tab. 5). Beide Werte werden miteinander multipliziert und ergeben eine Gesamtpunktzahl pro Anwendung, welche auf der Y-Achse abgebildet wird. Die Bewertung der Anforderungen wurde nach eigenem Ermessen aus den Informationen der Interviewrunde 1 vorgenommen und, da wo möglich, mit geeigneten Gesprächspartnern in einer zweiten Interviewrunde abgeglichen.

Berechnung der Forschungsbedarfe Papiertechnik: Die Werte auf der X-Achse ergeben sich aus der Multiplikation des gewichteten Forschungsbedarfs in Kapitel 3.3 und der bewerteten Anforderung. Tab. 5 veranschaulicht die Bewertung an den Beispielen Mulche mit zweimonatiger und mit sechsmonatiger Haltbarkeit bis zum Zersetzungszeitpunkt.

Tab. 5: Berechnung Anforderungsprofile Landwirtschaft am Beispiel

BEWERTUNGEN							
Anforderung: "0" - nicht gefordert, 1 - gering, 4 - mittel, 7 - hoch							
Komplexität: 0,5 für mittlere Anforderungen / 1,5 für hohe Anforderungen							
Anwendungsfelder		Mulche FL			Mulche FL		
Haltbarkeit Feld		2 Monate			6 Monate		
Y: Anforderungsprofil Landwirtschaft	Summe Forsch.bedarf	Anforderung LW	Komplexität	Faktor Forsch.bedarf	Anforderung LW	Komplexität	Faktor Forsch.bedarf
Kontrollierte biol. Abbaubarkeit	71	1	FALSCH	71	7	1,5	497
Feuchtebeständigkeit	41	4	0,5	164	7	1,5	287
Dimensionsstabilität	35,5	7	1,5	248,5	1	FALSCH	35,5
Reißfestigkeit	60,5	4	0,5	242	4	0,5	242
Elastische Eigenschaften	109,5	4	0,5	438	4	0,5	438
Transparenz + geringe Dicke	77	0	FALSCH	0	0	FALSCH	0
Durchlässigkeit H ₂ O	38	7	1,5	266	7	1,5	266
Dichtheit H ₂ O	38	0	FALSCH	0	0	FALSCH	0
Durchlässigkeit H ₂ O-Dampf	40	0	FALSCH	0	0	FALSCH	0
Dichtheit H ₂ O-Dampf	40	4	0,5	160	4	0,5	160
Durchlässigkeit Gas/Luft/O ₂	47	0	FALSCH	0	0	FALSCH	0
Dichtheit Gas/Luft/O ₂	47	0	FALSCH	0	0	FALSCH	0
H ₂ O-Speicherung + gezielte Freisetzung	54,5	1	FALSCH	54,5	4	0,5	218
Dämmeigenschaften	37,5	0	FALSCH	0	0	FALSCH	0
UV-Beständigkeit	31	0	FALSCH	0	4	0,5	124
Funktionalisierung	42,5	4	0,5	170	4	0,5	170
SUMME Punkte Anforderungen/Komplexität		36	5,5		46	7,5	
GESAMTSUMME Punkte (Wert auf Y-Achse)			198			345	
GESAMTSUMME Punkte (Wert auf X-Achse)				1.814			2.438

Schätzungen zum Flächenpotenzial: Die Schätzungen basieren zumeist auf Statistiken der FAO oder Eurostat über landwirtschaftliche Nutzflächen. Zu berücksichtigen ist, dass die angegebenen Potenziale in Hektar nicht den Flächen für die Ausbringung von Papieren entsprechen, sondern es sich um Ernte-, Anbau- oder Bodennutzungsflächen handelt. Denn abhängig vom konkreten Anwendungsfall würden nur Teilflächen (zum Beispiel Reihen mit unterschiedlicher Breite) bedeckt werden. Auch beziehen sich die Flächenangaben ausschließlich auf den europäischen Markt. Die Informationen aus den sieben Interviews im nordafrikanischen Raum ließen es nicht zu, valide Daten für nordafrikanische Kulturen zu ermitteln. In Tab. 6 sind die ermittelten Flächenpotenziale beispielhaft für die Gruppe der Mulche gelistet.

Tab. 6: Kulturarten mit zugehörigen Haltbarkeiten für Mulche auf dem Feld und Ernte- bzw. Nutzflächen

Haltbarkeit	2 Monate	4 Monate	6 Monate	über 1,5 Jahre
Zielgruppen	Ackerbau, aber auch Gartenbau	Ackerbau, aber auch Gartenbau	v. a. Dauerkulturen, aber auch Gartenbau	Baumschulen und Gartenbau
Kulturen	Getreide, Raps, Mais, Sonnenblume, Salat	Kartoffeln, Zuckerrübe, Erbsen, Bohnen, Sojabohnen, Möhren, Rüben, Kürbisse, Einlegegurken	Wein, Äpfel, Pflaumen, Kirschen, Birnen, , Kohl, Blumen-kohl, Zwiebel, Himbeeren, Stachelbeeren, Johannisbeeren	Erdbeeren, Kulturen in Baumschulen
Flächen EU in Hektar	65.890.000 [2] (Erntefläche)	6.430.000 [2] (Erntefläche)	4.920.000 [2] (Erntefläche)	240.000 [2], [3] (Erntefläche und landwirtschaftliche genutzte Fläche)

4.3 Gesamtauswertung und Schlussfolgerungen

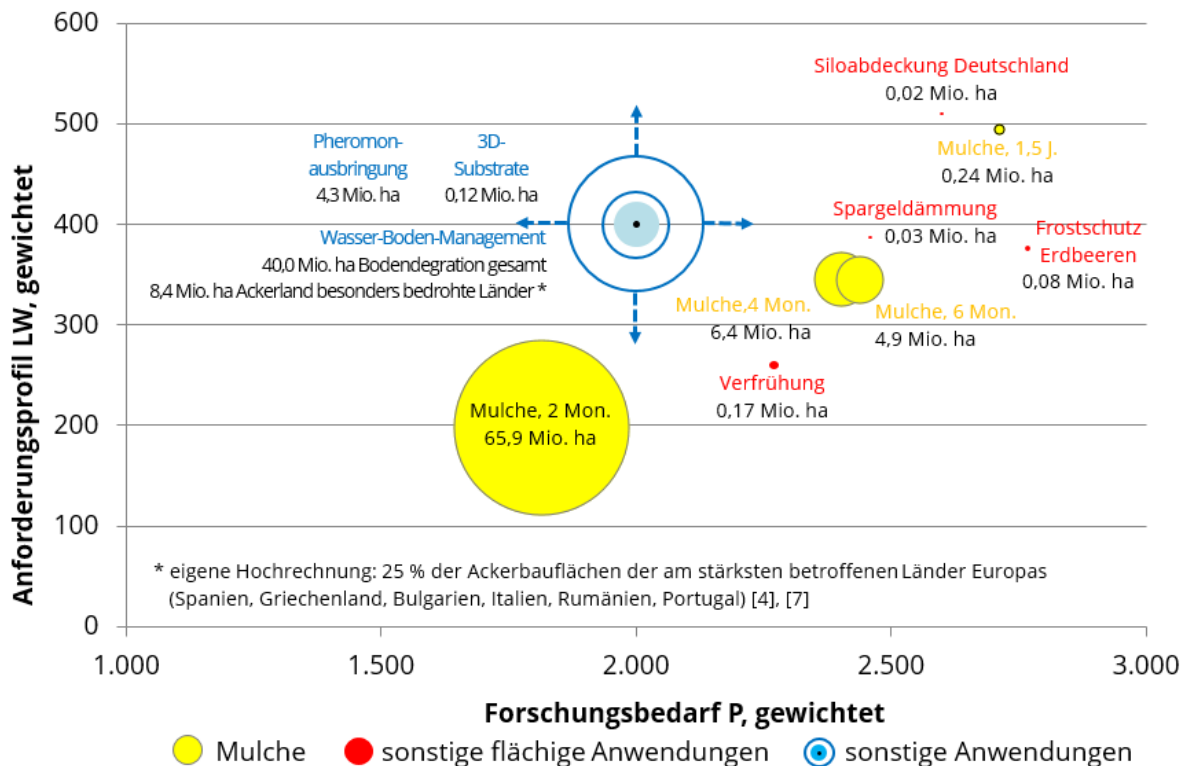


Abb. 14: Anforderungsprofile und Forschungsbedarfe (gewichtet aus quantitativen und qualitativen Faktoren) sowie Flächenpotenziale

Abb. 14 stellt die Einordnung von Anforderungsprofilen, Forschungsbedarfen und Flächenpotenzialen für die betrachteten potenzielle Anwendungsfelder dar. Nach Einschätzung des Projektteams lassen sich nachfolgende Schlüsse bzw. Empfehlungen aus den gesammelten Daten ableiten.

Zwar ist im Bereich **Siloabdeckungen** ein hoher Handlungsbedarf vorhanden, jedoch sprechen die extremen Anforderungen in Bezug auf die verschiedenen Dichtheiten und mechanischen Eigenschaften über lange Zeiträume sowie das relativ geringe Flächenpotenzial gegen eine Fokussierung weiterer Aktivitäten auf diesem Gebiet.

Ähnliche Schlussfolgerungen können auch für das potenzielle Anwendungsfeld **Abdeckungen für die Verfrühung** getroffen werden. Die Anforderungen aus landwirtschaftlicher Sicht und der papiertechnologische Forschungsbedarf werden hier niedriger eingeschätzt. Die biologische Abbaubarkeit bietet allerdings keinen direkten Nutzen für solche Produkte, da die Abdeckungen Wochen vor der Ernte vom Feld eingeholt werden müssen. Cellulosefaserhaltige Materialien würden bisher mehrfach eingesetzte Kunststoffe (Vliese und Folien) ersetzen. Ausnahme bilden lediglich **Spezialanwendungen im Erdbeeranbau**, bei denen biologisch abbaubare Abdeckungen als Strothersatz weitergenutzt und nach Ende der Saison in den Boden eingebracht werden könnten [6].

Das relativ geringe Flächenpotenzial und die hohen Anforderungen an die mechanischen Eigenschaften über längere Zeiträume lassen auch von einer Fokussierung auf die Entwicklung von **Mulchen mit Haltbarkeiten von über anderthalb Jahren** abraten. Zwar ist in Baumschulen für kleinteilige Formate ein Wechsel der Abdeckungen unterjährig möglich, jedoch stellt sich hier die Frage nach dem Innovationscharakter, da sich Lösungen aus cellulosefaserhaltigen Materialien bereits auf dem Markt befinden. Lang haltbare Mulche für die großformatige flächige Ausbringung, z. B. im Erdbeeranbau, hätten hingegen hohes Innovationspotenzial, zählen aber zu den Anwendungen mit den höchsten Anforderungen.

Empfehlungen:

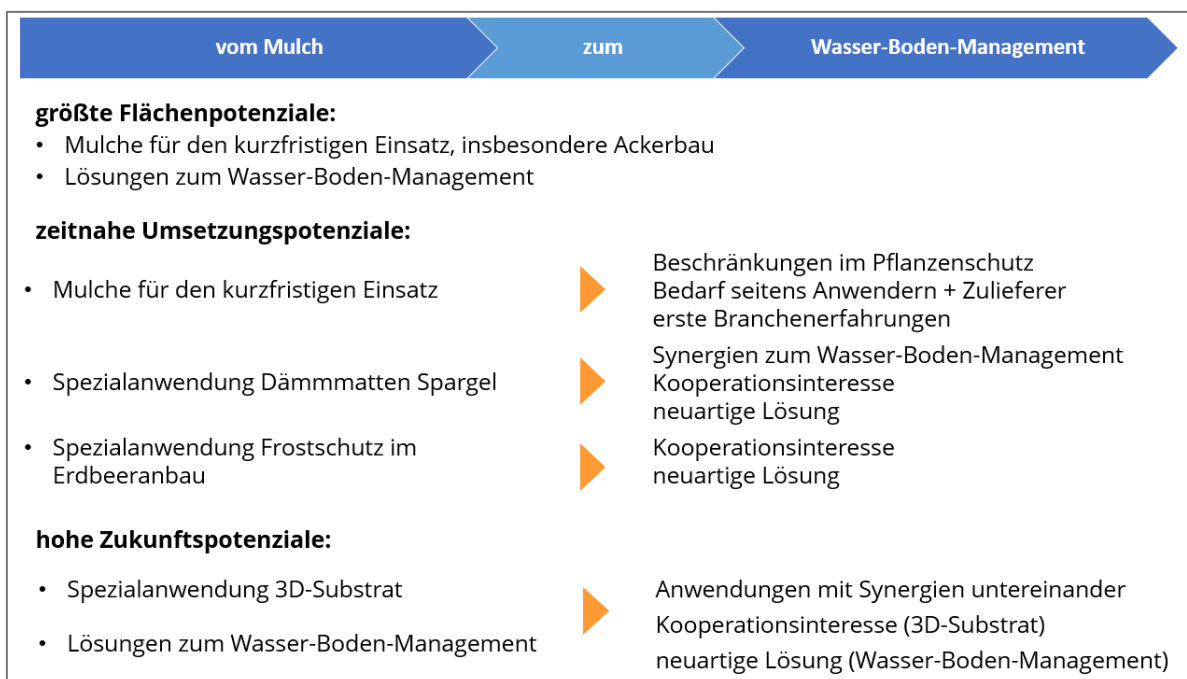


Abb. 15: Anwendungsfelder mit hohen Potenzialen

Abb. 15 fasst die Empfehlungen für eine Konzentration auf weiterer Aktivitäten zusammen. Bei den meisten der hier aufgeführten Anwendungen handelt es sich um neuartige Lösungen, d. h. sie stehen nicht in direkter Konkurrenz mit Kunststoff- oder sonstigen Anwendungen, was einen Vorteil darstellt.

Die größten Flächenpotenziale werden für **Mulche für den sehr kurzfristigen Einsatz** (2 Monate), insbesondere im Ackerbau, und für Lösungen im Bereich Wasser-Boden-Management gesehen. Erst erwähnte Anwendung bietet gute Gelegenheiten für Papierfabriken, die sich bereits mit der Entwicklung von Mulchen beschäftigen. Zudem gibt es hier zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch keine nutzbaren Alternativen zur mechanischen Unkrautbeseitigung oder zur Unkrautunterdrückung durch Abdeckmaterialien. Der kurze Lebenszyklus für solche Anwendungen kommt cellulosefaserhaltigen Materialien entgegen.

Der Bereich **Wasser-Boden-Management** birgt neben den großen Flächenpotenzialen durch die Präsenz des Themas Wasserknappheit und Bodendegradierung ebenfalls ein hohes Zukunftspotenzial. Der Forschungsaufwand ist jedoch zum momentanen Zeitpunkt nicht einzuschätzen. Beim Wasser-Boden-Management würde es sich um komplett neuartige Lösungen handeln. Diese versprechen vielseitige Synergien mit artverwandten Anwendungsfeldern, die sich eher im Segment Spezialanwendungen finden lassen. Hierzu zählt u. a. der Anwendungsbereich **3D-Substrate**, der im Vergleich zu Freilandanwendungen geringe Flächenpotenziale aufweist, jedoch durch die Entwicklungen im Vertical Farming eine große Zukunftsdynamik besitzt. Erstlinig spielt die Substitution nicht biologisch abbaubarer Substrate eine große Rolle, nachrangig können sich hierdurch aber auch ganz neue Anwendungsfelder (z. B. Anbau auf Matten) erschließen.

Für eine zeitnahe Umsetzung sprechen Anwendungen, für die konkreter Bedarf vorliegt und Anforderungen bereits jetzt relativ klar definiert werden können, wie die **Dämmmatten für den Spargelanbau** oder der **kombinierte Frostschutz und Strobersatz im Erdbeeranbau**. Beide Anwendungen zählen zu komplett neuartigen Lösungen, bieten aber nur relativ überschaubare Flächenpotenziale. Die Dämmmatten für den Spargelanbau weisen zudem Synergien mit Forschungsaktivitäten für das Wasser-Boden-Management auf. Aber auch Anwendungen, bei denen in der Papierbranche bereits Erfahrungen vorliegen, lassen sich in die Kategorie „Zeitnahe Umsetzung“ einordnen. So finden sich hier die verschiedenen Mulchvarianten für den kurzfristigen Einsatz (2 Monate – 6 Monate) wieder.

Eher unentschieden fällt die Meinung des Projektteams für den Anwendungsbereich **Pheromonausbringung** aus. Hier werden die Chancen einer Umsetzung günstig eingeschätzt, insoweit es gelingt alternative Formen der Ausbringung in Obst- und Weinbau zu finden, die es Produzenten ermöglichen diesen arbeitsintensiven Prozess effizienter zu gestalten. Auch hier müssen sich Lösungen aus cellulosefaserhaltigen Materialien an den bisherigen Produkten aus nicht abbaubaren Kunststoffen messen lassen. Zudem stellt die Aussicht, die Pheromonausbringung auf andere biologisch abbaubare Anwendungen zu übertragen, einen interessanten Ansatz dar, sich auf diesem Gebiet zu etablieren.

Für alle Anwendungsfelder wird die Ausschöpfung von Möglichkeiten zur Funktionalisierung als sehr wichtig eingeschätzt. Sie liefert Anwendern einen Mehrwert und erweitert Spielräume in einem Markt, der häufig von Preisdruck, zunehmend aber auch von gesellschaftlichen Einflüssen bestimmt wird.

4.4 SWOT-Analysen zu potenziellen Anwendungsfeldern

Für die SWOT-Analyse wurden, soweit möglich, Faktoren wie beispielsweise:

- entgegenkommende bzw. schwierig umzusetzende geforderte Papiereigenschaften,
- die Verfügbarkeit von Konkurrenzprodukten,
- Kostenstruktur bisheriger Lösungen,
- Prozessanpassungen Landwirtschaft,
- gesellschaftliche Entwicklungen und Akzeptanz,
- die Eignung für den ökologischen Anbau,
- Kompatibilität mit Biodiversität,
- technische Anpassungen in der Papiertechnik berücksichtigt.

Tab. 7: SWOT-Analyse Mulche mit einer Haltbarkeit von 2 Monaten

Getreide, Raps, Mais, Sonnenblume, Salat			
Stärken	• schnelle biologische Abbaubarkeit • relativ geringe Anforderungen im Vergleich zu anderen Mulchlösungen • gezieltes Einbringen von Funktionalisierungen	• hohe Dimensionsstabilität unter schwankenden Umweltbedingungen für Kulturen mit Saatkornausbringung • Kantenbefestigung • für Ausbringung und Haftverhalten benötigte mechanische Eigenschaften (auch im Vergleich zu Sprühlösungen) • Wildfraß	Schwächen
Chancen	• Einschränkung von Pflanzenschutzmitteln • steigendes Umweltbewusstsein • besonders positive Einschätzung seitens Interviewter • bisher keine flächigen Konkurrenzprodukte • ausschließlich biologisch abbaubare Lösungen zur Abdeckung sinnvoll • mechanische Alternativen zur Unkrautregulierung beschädigen Pflanzen (Striegeln) • möglicher Einsatz für Reihenkulturen, für die Unkrautregulierung bisher schwierig ist • sehr hohes Flächenpotenzial • Gewächshauseinsatz möglich • für biologischen und konventionellen Anbau geeignet • auch für Hobby und Kleingarten geeignet	• Akzeptanz durch Landwirte (neue Arbeitsweise, Eigenkontrolle von Funktionalisierungsmöglichkeiten) • Akzeptanz durch Umweltverbände und Bürger (Flächenabdeckung, Ressourcenverbrauch) • Sprühlösungen auf Cellulosebasis als Alternative denkbar (einfache Ausbringung mit Spritztechnik, gutes Haftverhalten) • starke Forschungsaktivitäten bezüglich des Einsatzes von Robotertechnik • Markt mit geringen Margen • kostengünstige Alternativmethoden (Herbizideinsatz, Striegeln) insbesondere in der konventionellen Landwirtschaft • zusätzlicher Bedarf an Lagermöglichkeiten und hoher Logistikaufwand • Änderungen an der Ausbringtechnik nötig • eventuell benötigte Zulassungen für Binde- u. Funktionalisierungsmittel • Konformität mit Richtlinien von Bio-Verbänden	Risiken

Tab. 8: SWOT-Analyse Mulche mit Haltbarkeiten von 4 und 6 Monaten

4 Monate: Kartoffeln, Zuckerrübe, Erbsen, Bohnen, Sojabohnen, Möhren, Rüben, Kürbisse, Einlegegurken 6 Monate: Obst- und Weinbau (Dauerkulturen), Zwiebeln, Kohl, Blumenkohl			
Stärken	- biologische Abbaubarkeit - gezieltes Einbringen von Funktionalisierungen - Abmilderung der Folgen des Klimawandels (Wasserhaushalt, Verdunstungsschutz) - bessere Verrottungseigenschaften im Boden als biologisch abbaubare Kunststoffe (schneller, keine Reststücke)	- zeitliche Steuerung der Abbaubarkeit - Kantenbefestigung - für Ausbringung und Haftverhalten benötigte mechanische Eigenschaften - weniger Laufmeter auf Rolle im Vergleich zur Folie - Wildfraß	Schwächen
	Speziell für Mulche mit Haltbarkeit 4 Monate verfrühte Keimung möglich	Speziell für Mulche mit Haltbarkeit 4 Monate hohe Dimensionsstabilität bei schwankende Umgebungsbedingungen für Kulturen mit Saatkornausbringung	
	Speziell für Mulche mit Haltbarkeit 6 Monate besondere Eignung für Terrassenlagen durch Formatzuschnitt	Speziell für Mulche mit Haltbarkeit 6 Monate Dauerhaftigkeit / Witterungsbeständigkeit der mechanischen Eigenschaften (Betreten, Wegfliegen)	
Chancen	- Einschränkung von Pflanzenschutzmitteln - steigendes Umweltbewusstsein - hohes Flächenpotenzial - Gewächshauseinsatz möglich - Einsparung von Abfall, Einhol- und Entsorgungskosten im Vergleich zu nicht abbaubaren Plastiklösungen - mangelhaftes Abbauverhalten biologisch abbaubarer Folien - Herstellung aus nachwachsendem Rohstoff ohne Konkurrenz zur Lebensmittelproduktion - geringere Verletzungsgefahr für Pflanzen als bei mechanischer Unkrautentfernung - für biologischen und konventionellen Anbau geeignet	- Akzeptanz durch Anwender (neue Arbeitsweise, Eigenkontrolle von Funktionalisierungsmöglichkeiten) - Akzeptanz durch Umweltverbände und Bürger (Flächenabdeckung, Ressourcenverbrauch) - preiswerte flächige Konkurrenzprodukte vorhanden (Folienlösungen) - starke Forschungsaktivitäten bezüglich des Einsatzes von Robotertechnik - zusätzlicher Bedarf an Lagermöglichkeiten und hoher Logistikaufwand - eventuell benötigte Zulassungen für Binde- u. Funktionalisierungsmittel - Konformität mit Richtlinien von Bio-Verbänden	Risiken
	Speziell für Mulche mit Haltbarkeit 4 Monate - im Falle von Saadbändern ist Ausbringtontechnik vorhanden - Einsatz für Reihenkulturen, für die herbizidfreie Unkrautregulierung bisher schwierig ist	Speziell für Mulche mit Haltbarkeit 4 Monate - Markt mit geringen Margen - Umrüstung von Pflanzmaschinen wahrscheinlich erforderlich, ansonsten nur für händische Ausbringung möglich	
	Speziell für Mulche mit Haltbarkeit 6 Monate - Sonderkulturen bieten höhere Margen / Preisspielräume - besonders für Steil- und Terrassenlagen interessant, da hier nur eingeschränkte maschinelle Pflege möglich	Speziell für Mulche mit Haltbarkeit 6 Monate Sprühlösung mit Nutzung vorhandener Ausbringtontechnik möglich	

Tab. 9: SWOT-Analyse Mulche mit einer Haltbarkeit von länger 1,5 Jahren

Erdbeeren, Kulturen in Baumschulen			
Stärken	• grundsätzlich biologisch abbaubar • für kleinteilige (Baumschulen) und großflächige Lösungen (Erdbeeranbau) anwendbar • Formatzuschnitt, z. B. für Topfabdeckung. • Einsatz stärkehaltiger Materialien in Baumschulen möglich • gezieltes Einbringen von Funktionalisierungen • Abmilderung der Folgen des Klimawandels (Wasserhaushalt, Verdunstungsschutz, Erosionsschutz)	• extrem hohe Anforderungen an Haltbarkeit und zeitliche Steuerung der Abbaubarkeit • für Maschinenausbringung benötigte mechanische Eigenschaften (sehr hoch im Erdbeeranbau) • Dauerhaftigkeit der mechanischen Eigenschaften (Tiere, Menschen, Maschinen), insbesondere im Erdbeeranbau • Wildfraß	Schwächen
Chancen	• Einschränkung von Pflanzenschutzmitteln • steigendes Umweltbewusstsein • geringere Verletzungsgefahr für Pflanzen als bei mechanischer Unkrautentfernung • Einsparung von Abfall, Einhol- und Entsorgungskosten im Vergleich zu Plastiklösungen • hochpreisige Produkte für Baumschulen möglich • ökologisch sinnvollere Variante als Alternativen aus Kokos für Baumschulen	• Akzeptanz durch Umweltverbände und Bürger (Flächenabdeckung, Ressourcenverbrauch) • preiswerte Konkurrenzprodukte, z. B. nicht abbaubare Plastikfolien, vorhanden • weniger Laufmeter auf Rolle im Vergleich zu Folie • relativ geringes Flächenpotenzial im Vergleich zu anderen Mulchlösungen • relativ geringer Anteil des ökologischen Anbaus	Risiken

Tab. 10: SWOT-Analyse Siloabdeckungen für Fahr- und Flachsilos

Ackerbau und Tierhaltung: Silage von Grünfuttermitteln, Getreide, nachwachsenden Rohstoffen			
Stärken	• biologische Abbaubarkeit • Reduktion des Eintragens von Mikroplastik • Entsorgung über Biogasanlagen oder Verfütterung möglich	• sehr hohe Produktanforderungen • sehr lange Haltbarkeiten und Funktionstüchtigkeit bei extremen Wetterschwankungen erforderlich • aufwändiger Schutz vor Säure • zusätzlicher Aufwand zum Schutz gegen Vogelhacken und Nager • großes Spektrum der Folienbreite (6 m bis 20 m, bei Klebung bis 36 m) • sichere Verbindung der Bahnen erforderlich (Folien gefaltet auf 2 m) • Gefährdung der Dichtigkeit am Falz • evt. teurer zusätzlicher Enzymeinsatz zum Aufspalten von Cellulose in Biogasanlagen	Schwächen
Chancen	• alternative Lösung zu Kunststoff sehr erwünscht • hoher Bedarf an Kunststoffersatz • wachsender Markt für Biogasanlagen in Europa (außerhalb Deutschlands) • Entsorgungsprobleme bei mehrschichtigen Folien	• Breiten müssen den bisherigen Kunststofffolien entsprechen • Trend zu Breiten über 20 m • geringe Bereitschaft von Landwirten für Mehrausgaben • biologisch abbaubare Wettbewerbsprodukte in Entwicklung (Schäume, Spritzmaterialien) • Mindestgröße des Betriebes erforderlich (kaum Einsatz im Bioanbau)	Risiken

Tab. 11: SWOT-Analyse Abdeckungen zur Verfrühung und zum Frostschutz

Kälteempfindliche und frühe Gemüsesorten, Erdbeeranbau, Zierpflanzenbau			
Stärken	• im Falle von Einmalanwendungen werden relativ kurze Haltbarkeiten verlangt (3-5 Monate) • leichte Materialien als Vliesstoffe realisierbar • Halbtransparenz mit Papieren gut erreichbar • stärkere Papiere zum Schutz gegen Kahlfröste möglich • Reduktion des Wasserbedarfs (Verdunstungsschutz) • potenzielle Zusatzfunktion als Strothersatz im Erdbeeranbau	• kein direkter Vorteil der biologischen Abbaubarkeit (ausgenommen als Strothersatz im Erdbeeranbau) • sehr hohe Anforderung an mechanische Eigenschaften (Maschinenausbringung, mehrmaliges Auf- und Zudecken, Wind) • für höhere Festigkeiten dickere Materialien nötig • gleichzeitig geringe Gewichte zur Vermeidung von Reibeschäden • weniger Laufmeter auf Rolle im Vergleich zu Vliesen und Folien • für Vliese spezielle Produktionsanlagen nötig • Wildfraß	Schwächen
Chancen	• Mikroplastikdiskussion öffnet Spielräume für neue Materialien • Regionalität als Verkaufsargument für die Verfrühung • relativ hohes Flächenpotenzial • höhere Preisspielräume als bei Mulchen • Eröffnung alternativer Entsorgungswege und eventuelle Einsparung von Entsorgungskosten • oft Einmalanwendung von Vliesen und Folien aufgrund von Beschädigungen • Ausbringtechnik vorhanden	• etablierte Lösungen vorhanden (Vliese, Folien) • begrenzte Produktionsbreite von Papiermaschinen (teilweise mind. 16 m gefordert) • höherer Arbeitsaufwand für Ausbringung (geringere Breiten) • relativ hohe Preise für Vliese werden durch mehrmaligem Einsatz kompensiert	Risiken

Tab. 12: SWOT-Analyse Dämmmatten im Spargelanbau

Weißer Spargel			
Stärken	• begrenzte Einsatzzeit in der Saison (ca. 4 Wochen) • hygroskopisches Verhalten von Papieren • bei einmaligem Einsatz: biologische Abbaubarkeit	• Anforderung an Wasserspeicherung widerspricht Anforderung an leichtes Handling • sehr hohe Anforderungen an mechanische Eigenschaften (maschinelle Ausbringung, mehrmaliges Anheben, bei mehrjährigen Einsatz: maschinelle Wiedereinholung) • Handling auf dem Feld • evt. Lagerkapazitäten benötigt	Schwächen
Chancen	• wachsender Bedarf für Verspätungsabdeckungen durch Klimaerwärmung • bisher keine Alternativlösungen verfügbar • konkretes Produktinteresse vorhanden • dickere Materialien bis 3 cm möglich • Sonderkultur im hochpreisigen Marktsegment • hohe Umsatzverluste durch Ernteauffälle => Bereitschaft zu investieren • Verlängerung des Ernterhythmus	• Akzeptanz durch Umweltverbände und Bürger (Flächenabdeckung, Biodiversität) • relativ geringes Flächenpotenzial • Preisakzeptanz, insbesondere bei einjährigem Einsatz • keine Rücknahmesysteme für feuchte und verunreinigte Materialien vorhanden	Risiken

Tab. 13: SWOT-Analyse Pheromonausbringung

Weinbau, Obstbau (Stein- und Kernobst)			
Stärken	- biologische Abbaubarkeit - breitere Einsatzmöglichkeiten als Trägermedium gegenüber Kunststoffen (Alternativen zum Dispenser vorstellbar)	- flächige Anwendungen nur bedingt einsetzbar - sehr hohe Anforderungen an die Wirkstofffreisetzung über lange Zeiträume - schwankende Materialeigenschaften durch biologische Abbaubarkeit	Schwächen
Chancen	- gesellschaftlicher Druck auf Landwirtschaft - risikoarmes Pflanzenschutzmittel - Einsparung von Arbeitskosten, da Trägermaterialien im Feld bleiben können - Übertragung auf flächige Produkte oder Granulate - Prinzipien auf andere Wirkstofffreisetzungen übertragbar - Alternativen zur händischen Ausbringung - im höherpreisigen Marktsegment einsetzbar (Weinbau) - für ökologischen und konventionellen Anbau geeignet	- bisher vorwiegend kleinteilige Lösungen - teurer als Schädlingsbekämpfung mit Insektiziden - geschlossene Lagen bzw. Mindestgrößen notwendig - nur bis zu bestimmten Grad des Befalls wirkungsvoll	Risiken

Tab. 14: SWOT-Analyse 3D-Substrate

Jungpflanzenanzucht, verschiedenste Kulturen im Obst- und Gemüseanbau (geschützter Anbau), Vertical Farming			
Stärken	- biologische Abbaubarkeit und Kompostierbarkeit - geringe Haltbarkeiten in der Jungpflanzenanzucht - definierte Umgebungsbedingungen für die Auslegung	- flächige Anwendungen nur bedingt einsetzbar - sehr hohe Anforderungen an Formstabilität aufgrund des großen Automatisierungsgrades und permanenter Bewässerung - Kombi aus Wasserdurchlässigkeit und -speicherung	Schwächen
Chancen	- zunehmende Bevölkerungsentwicklung, Verstädterung, Umweltverschmutzung - drohendes Einsatzverbot für Torf - Kokos als nachwachsende Alternative ökologisch nur bedingt sinnvoll - hohe Entsorgungskosten für Substrate aus Steinwolle - positive Marktentwicklungen für das Vertical Farming (VF) vorhergesagt (v. a. in Asien und Afrika) - komplett neue Lösungen, auch hinsichtlich flächiger Produkte, für VF vorstellbar u. a. höherpreisiges Marktsegment (Medizinalpflanzen, Sonderkulturen) - effiziente Anbausysteme für niedermargigen Preissegment im VF in Entwicklung	- wahrscheinlich kein Komplettersatz von Torf möglich - begrenzt Flächenpotenzial - Forschungsarbeiten zum Torfersatz bereits im Gange - sehr hohe Standards bisheriger Substrate - geringer Bedarf an Substraten für aerophonische Systeme - begrenzter Einsatz flächiger Produkte - kleiner Markt innerhalb Europas - keine Zertifizierung für den Bioanbau in verschiedenen Ländern bisher möglich (ausschließlich für erdgebunden Systeme)	Risiken

Tab. 15: SWOT-Analyse Wasser-Boden-Management

von Bodendegradation betroffene und von Desertifikation bedrohte Gebiete			
Stärken	• biologische Abbaubarkeit • Affinität von Cellulose zu Wasser • Optionen zur Funktionalisierung • Option zur Einbringung von Kohlenstoffquellen zur Erhöhung des Humusgehalts	• flächige Anwendungen nur bedingt einsetzbar • bisher völlig unklare Auslegung • extrem hohe Anforderungen an die Wasserspeicherung und gezielte Freisetzung	Schwächen
Chancen	• Bodendegradation weltweit stark zunehmend • Wasserverknappung durch Klimaerwärmung • hohes Bedarfs- und Flächenpotenzial • Übertragung der Wirkmechanismen auf Systeme in unterschiedlichen Regionen der Erde • Synergien durch neue Pflanzenzüchtungen mit verbesserter Dürresistenz vorstellbar	• v. a. durch agrarpolitische und politische Entscheidungen zur Raumnutzung zu beeinflussen • Alternativen bereits in Erforschung	Risiken

Quellenverzeichnis

- [1] anonymisiertes Interview, 04.03.2020.
- [2] FAO, FAOSTAT, <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>, data from 2018, filtered by crop, area harvested, EU total, data retrieved on 29.04.2020.
- [3] Eurostat, Eurostat - Data explorer: Kulturen nach Klasse der landwirtschaftlicher genutzter Fläche in Anzahl der Betriebe und Hektar nach NUTS-2-Regionen [ef_lus_allcrops], https://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=ef_lus_allcrops&lang=de, data from 2016, filtered by crops (nurseries), agricultural area, data retrieved on 29.04.2020.
- [4] D. Röhrlich, „Fruchtbare Böden - die unterschätzte Ressource,“ 11.02.2016, https://www.deutschlandfunk.de/fruchtbare-boeden-die-unterschaetzte-ressource.676.de.html?dram:article_id=345320, abgerufen am 09.06.2020.
- [5] R. Prävălie, C. Patriche und G. Bandoc, „Quantification of land degradation sensitive areas in Southern and Central Southeastern Europe. New results based on improving DISMED methodology with new climate data,“ Catena, Nr. 158, pp. 309 – 320, 2017.
- [6] Dr. Klaus Olbricht, Hansabread GmbH & Co. KG, telefonisches Interview, 24.04.2020.
- [7] Eurostat, Eurostat - Data explorer: Landwirtschaftlich genutzte Fläche nach Kategorien [TAG00025], <https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/tag00025/default/table?lang=de>, data from 2018, filtered by country and arable land, data retrieved on 14.06.2020.

Anlage 1: Gesprächsleitfaden Stakeholder Landwirtschaft

Einstieg:

- 1) Wir sind auf Sie durch ... gestoßen. Seit wann arbeiten Sie auf dem Gebiet/als ... ? Wann haben Sie sich das erste Mal mit dem Thema ... befasst?
- 2) Was bauen Sie auf Ihren Flächen an? Welche Tiere halten Sie für welchen Zweck?

Problemerkundung:

- 3) Welche Probleme und Trends bewegen Fachleute auf ihrem Gebiet?
- 4) Wo sehen Sie Rationalisierungsbedarf in Ihrer Branche/für Landwirte in der ...?
- 5) Welche Hilfsmittel können Sie sich vorstellen, die ein effizienteres Arbeiten ermöglichen?
- 6) Die konventionelle Landwirtschaft steht in der öffentlichen Wahrnehmung häufig in der Kritik. Was denken Sie, durch was kann die konventionelle Landwirtschaft ökologischer gestaltet werden?
- 7) Welche rechtlichen Aspekte und politischen und gesellschaftlichen Entwicklungen spielen für die von Ihnen geschilderten Sachverhalte eine Rolle?
- 8) Wir haben gelesen, dass ... (bereichsspezifisches Problem). Stimmen Sie dem zu?

Einsatzmöglichkeiten für Papier:

- 9) Existieren bereits Lösungsansätze für die von Ihnen beschriebenen Problemkreise/Trends und wenn ja welche?
- 10) Wo setzen Sie bei Ihrer Arbeit Kunststoffe ein (als Einmalanwendungen)?
- 11) Wir denken, dass der Einsatz von Papierprodukten jeglicher Art besonders dort sinnvoll ist, wo die biologische Abbaubarkeit einen Vorteil darstellt. Wie beurteilen Sie Einsatzmöglichkeiten von biologisch abbaubaren Materialien für landwirtschaftliche Anwendungen allgemein? Wo sehen Sie Einsatzfelder?
- 12) Sicherlich ist die biologische Abbaubarkeit ein wichtiger Punkt, aber auch nicht der einzige Aspekt, der für Papiere bei bestimmten Anwendungen spricht. Das Material kann wie Folien flächig ausgebracht werden, als Schutzmaterial für Verpackungszwecke dienen, bedruckt werden oder sogar als Baumaterial Verwendung finden etc. Stellen Sie sich vor, auch die Eigenschaften des Materials könnten beliebig angepasst werden. Kommen Ihnen spontan Einsatzmöglichkeiten für die von Ihnen beschriebenen Rationalisierungsbedarfe/ Probleme in den Sinn?
Es ist z. B. möglich, nassfeste Papiere oder Papiere mit unterschiedlicher Reißfestigkeit herzustellen. Gegenwärtig wird auch an Themen wie funktionalisierten Oberflächen von Papieren für Sensor- und Indikatormaterial oder Papier als Speichermaterial für Wärme oder Wasser für neue Anwendungsfelder geforscht. Wir sind auch für Gedanken offen, die heute noch Zukunftsmusik sind.
- 13) Können Sie sich mit Ihrem Erfahrungsschatz vorstellen, dass Papiere/Materialien auf Zellstoffbasis in anderen landwirtschaftlichen Bereichen für völlig neue Anwendungen oder zur Reduzierung von Kunststoffen eingesetzt werden können?

Anforderungen:

- 14) Sie können sich Papier für:
a) ... b) ... c) ... als landwirtschaftliche Anwendungen vorstellen.
Welche Anforderungen/Eigenschaften/Qualitätsparameter muss Papier hierfür erfüllen?
- 15) Sind für die von Ihnen erwähnten Beispielanwendungen Anpassungen an die Agrartechnik nötig?
- 16) Sie sagten, dass Sie es kritisch sehen/keine Möglichkeiten sehen, Papier in Ihrem Bereich einzusetzen. Womit hängt dies zusammen? Welche Eigenschaften im Allgemeinen müssten Papiere erfüllen, damit sie Ihre Meinung ändern?
- 17) Welche Hindernisse sehen Sie für Anwendungen von Papieren?

Abschluss:

- 18) Können Sie uns weitere wichtige Ansprechpartner benennen, die uns bei unserer Machbarkeitsstudie weiterhelfen können? Sie können auch gern mit uns nochmal Kontakt aufnehmen, falls Sie weitere Ideen zu unserer Studie haben.
- 19) Wir planen in einer zweiten Interviewrunde nochmals auf bereits befragte Fachleute zurückzukommen. Wären Sie für ein weiteres Interview in einem knappen halben Jahr bereit?

Anlage 2: Liste der befragten Experten Landwirtschaft (mit Freigabe)

(Mehrfachnennungen möglich, alphabetisch geordnet nach Organisation, *kursiv = Experten im nordafrikanischen Raum*)

Experte	Funktion	Organisation
Produzenten / Anwender – Ackerbau		
Matthias Schnelle	Vorstandsvorsitzender	Agrargenossenschaft Nöbdenitz eG
Peter Baling	Vorstandsvorsitzender	Agrargesellschaft Ruppendorf AG
Johann Haupt	Geschäftsführer	Bobritzschtalalloways Haupt GbR
Andy Kilian	Maschinenführer/Techniker	Gutsverwaltung Schönfelder Hochland GmbH
Bernhard Probst	Inhaber	Vorwerk Podemus
<i>Eng. Khaled Hassan</i>	<i>Agricultural Engineer</i>	<i>Egyptian Trade Company</i>
<i>Ahmed Helmi Nasr</i>	<i>Investor and Farmer</i>	<i>El-Nasr Trading</i>
Produzenten / Anwender – Tierhaltung		
Peter Baling	Vorstandsvorsitzender	Agrargesellschaft Ruppendorf AG
Reiner Baumann	Geschäftsführer	Baumann GmbH & Co. KG
Johann Haupt	Geschäftsführer	Bobritzschtalalloways Haupt GbR
Andy Kilian	Maschinenführer/Techniker	Gutsverwaltung Schönfelder Hochland GmbH
Heinrich Katz	Prokurist	Hermetia Baruth GmbH
Matthias Pinkert	Imker	Schaubienenstand Robinienhain
Ulrich Büsing	Geschäftsführer	Sauter & Stepper GmbH
Bernhard Probst	Inhaber	Vorwerk Podemus
Produzenten / Anwender – Gartenbau		
Veith Adam	Inhaber	Adams Gärtnerei
Simon Mall	Leitender Angestellter	Bauersgarten GmbH & Co. KG
Ines Franz	Inhaberin	Bio-Bauernhof Ines Franz
Yvonne Grießig	Technikerin Gemüseanbau	Frühgemüsezentrum Kaditz GmbH
Robert Rys	Geschäftsführer	Integra Hoyerswerda gGmbH
Robert Rüdiger	Inhaber	Obstbau Rüdiger
Bernhard Probst	Inhaber	Vorwerk Podemus
<i>Ahmed Helmi Nasr</i>	<i>Investor and Farmer</i>	<i>El-Nasr Trading</i>
Produzenten / Anwender – Dauerkulturen		
Kerstin Böhme	Geschäftsleitung	Bioenergiehof Böhme GmbH
Frank Wetzell	Inhaber	Biolandbaumschule Frank Wetzell
Robert Rüdiger	Inhaber	Obstbau Rüdiger
Andreas Huben	Geschäftsführer	Pflanzenhandel Huben GmbH
Siegfried Stübler	Inhaber	Spezialbetrieb für winterharte Zierpflanzen Siegfried Stübler
Bernhard Probst	Inhaber	Vorwerk Podemus
Jan Hock	Außenbetriebsleiter	Weingut Dr. Bürklin-Wolf e. K.
<i>Eng. Hatem El-Sabban</i>	<i>Farmer Olive Tree Oil Farm</i>	<i>El Sabban Contracting and Trading</i>

Zulieferindustrie		
Peter Baling	Vorstandsvorsitzender	Agrargesellschaft Ruppendorf AG (Hersteller Mischfutter)
Stefanie Schönberg	Zielgruppenmanagerin Betriebsbedarf (Agrarfolien)	BayWa AG
Georg Währer	Produktmanager Agrarkunststoffe	BSL Betriebsmittel Service Logistik GmbH & Co. KG
Sebastian Kießlich	Verkaufsberater Saatgut	Corteva / Pioneer
Dr. Harald Reubold	Projektleiter	DLG TestService GmbH
Andreas Wachtel	Marktleiter	Hermann Meyer KG (Großhandel Gartenbau + GALA-Bau)
Heinrich Katz	Prokurist	Hermetia Baruth GmbH (Insekten als Futtermittel)
Viola Siewert	Projektleiterin Erosionsschutz	ehem. IGV GmbH (Entwicklung Lebens- und Futtermittel)
Stefan Weiland	Inhaber	Nassenheider e. K (Maschinenbau Imkereien)
Ulrich Büsing	Geschäftsführer	Sauter & Stepper GmbH (Nützlingszucht)
David Holloway	Erfinder von Terraseed - Saatmatten	DH Horticultural Developments Ltd.
Christina Hänel	Inhaberin	Tierarztpraxis Hänel
Wissenschaft (1)		
Alexander Zimmermann	Projektleiter im Obstbau	Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau (LWG)
Anna Maria Molitor	Wissenschaftliche Mitarbeiterin	Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau (LWG)
Joachim Ziegler	Gruppenleiter Gartenbau/ Beratung Gemüsebau	Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum Rheinpfalz
Dr. Klaus Olbricht	Erdbeerzüchter	Hansabred GmbH & Co. KG
Dr. Mirko Schuster	Wissenschaftlicher Oberrat	Julius Kühn-Institut, Institut für Züchtungsforschung an Obst
Andreas Reimann	Senior Acquisition and Project Manager	Fraunhofer IME (Vertical Farming)
Prof. Petra Scheewe	Professorin für Obstbau und Baumschulen	Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (FH)
Prof. Fritz-Gerald Schröder	Professor für Gemüsebau und Gewächshausmanagement	Hochschule für Technik und Wirtschaft (FH)
Dr. Markus Dotterweich	Gesamtprojektleiter MobiGa	Palaterra Betriebs- und Beteiligungsgesellschaft mbH
Dr. Hermann Laber	Referent Ökologischer Gemüsebau	Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
Angela Kühne	Beratende Landwirtin	selbstständig
Prof. Thomas Herlitzius	Institutsleiter / Inhaber der Professur für Agrarsystemtechnik	Technische Universität Dresden, Institut für Naturstofftechnik

Wissenschaft (2)		
Prof. Jörn Erler	Inhaber der Professur für Forsttechnik	Technische Universität Dresden, Institut für Forstnutzung und Forsttechnik
Uta Lemcke	Vertretung Technischer Leiter	Technische Universität Dresden, Botanischer Garten
Dr. Christian Poll	Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Fachgebiet Bodenbiologie	Universität Hohenheim, Institut für Bodenkunde und Standortlehre
<i>Dr. Moustafa Shahin</i>	<i>Lecturer of Agronomy</i>	<i>Ain Shams University, Agronomy Department, Faculty of. Agriculture</i>
<i>Dr. Samia Harby</i>	<i>Dairy Science</i>	<i>Ministry of Agriculture (Egypt), Agriculture research Center</i>
<i>Dr. Hamouda Aichi</i>	<i>Assistant Professor of Soil Science and Geomatics</i>	<i>University of Carthage, Higher School of Agriculture, Mograne</i>
Interessenvertretungen		
Christine Zimmermann-Loessl	Chairwoman	Association of Vertical Farming
Andreas Krug	Leiter Integrativer Naturschutz und nachhaltige Nutzung, Gentechnik	Bundesamt für Naturschutz
Tobias Muschalek	Geschäftsführer	Landesverband Gartenbau Sachsen e. V.
<i>Suzan Salem</i>	<i>Advisor of Business Innovation</i>	<i>Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH</i>
Sonstige		
Gunther Lange / Dr. Wladimir Thiessen	Geschäftsführer / Produktentwickler	Octopus Fluids GmbH & Co. KG (Tintenentwicklung- und Herstellung)

Anlage 3: Gesprächsleitfaden Stakeholder Papierbranche

1) Einschätzung der technischen Umsetzbarkeit

Unter der Voraussetzung der Schadstoffunbedenklichkeit, schätzen Sie bitte ein, inwieweit nachfolgende Eigenschaften mit Papier bzw. cellulosefaserhaltigen Materialien zukünftig technisch umsetzbar sind.

/1/ Nassfestigkeit/Feuchtebeständigkeit (Hinweis: grundsätzlich machbar, aber Steuerung ist wichtig; Ansprache: extreme Feuchtigkeit wie bei Hydrokulturen/dauerhaften Bewässerung)

- Beeinflussbarkeit durch: _____
(Stand heute, Einschätzung zukünftiger Stand)
- Was davon erscheint schadstoffunbedenklich?
- Abschätzung der Machbarkeit:
realistisch ☐ unrealistisch ☐ keine Aussage möglich ☐
- Aufwandsabschätzung oder geschätzter Zeithorizont für Forschungsaktivitäten

sehr hoher Aufw. ☐ Arbeit an Grundlagenforschung	mittlerer Aufw. ☐ Prinzipien bekannt, Definition des technolog. Konzepts	geringer Aufw. ☐ F&E kann zeitnah mit ersten Labor-/Feldversuchen starten
langfristig ☐ über 5 Jahre bis Prototyp	mittelfristig ☐ 2 – 5 Jahre bis Prototyp	kurzfristig ☐ bis 2 Jahre bis Prototyp
- Abschätzung Prozessanpassungen Papierherstellung/Papierverarbeitung (optional)

/2/ Dimensionsstabilität/Formstabilität unter Wettereinflüssen (Ansprache: Schrumpfen, Versatz von Pflanzlöchern etc.)

- Beeinflussbarkeit durch: _____
Stand heute, Einschätzung zukünftiger Stand
- Was davon erscheint schadstoffunbedenklich?
- Abschätzung der Machbarkeit:
realistisch ☐ unrealistisch ☐ keine Aussage möglich ☐
- Aufwandsabschätzung oder geschätzter Zeithorizont für Forschungsaktivitäten

sehr hoher Aufw. ☐ Arbeit an Grundlagenforschung	mittlerer Aufw. ☐ Prinzipien bekannt, Definition des technolog. Konzepts	geringer Aufw. ☐ F&E kann zeitnah mit ersten Labor-/Feldversuchen starten
langfristig ☐ über 5 Jahre bis Prototyp	mittelfristig ☐ 2 – 5 Jahre bis Prototyp	kurzfristig ☐ bis 2 Jahre bis Prototyp
- Abschätzung Prozessanpassungen Papierherstellung/Papierverarbeitung (optional)

/3/ Kontrollierte biologische Abbaubarkeit (Hinweis: nicht nur zeitliche Abbaubarkeit, sondern auch in bestimmten Zonen, z. B. Randbereiche; Ansprache: schaltbarer Systeme)

- Beeinflussbarkeit durch: _____
(Stand heute, Einschätzung zukünftiger Stand)
- Was davon erscheint schadstoffunbedenklich?
- Abschätzung der Machbarkeit:
realistisch ☐ unrealistisch ☐ keine Aussage möglich ☐
- Aufwandsabschätzung oder geschätzter Zeithorizont für Forschungsaktivitäten

sehr hoher Aufw. ☐ Arbeit an Grundlagenforschung	mittlerer Aufw. ☐ Prinzipien bekannt, Definition des technolog. Konzepts	geringer Aufw. ☐ F&E kann zeitnah mit ersten Labor-/Feldversuchen starten
langfristig ☐ über 5 Jahre bis Prototyp	mittelfristig ☐ 2 – 5 Jahre bis Prototyp	kurzfristig ☐ bis 2 Jahre bis Prototyp

- Abschätzung Prozessanpassungen Papierherstellung/Papierverarbeitung (optional)

/4/ **Dichtheit und Durchlässigkeit** von Sauerstoff/Gasen, Wasser, Wasserdampf

- **Luft- und Gas- bzw. Sauerstoff**

Beeinflussbarkeit durch: _____

Stand heute, Einschätzung zukünftiger Stand

- Was davon erscheint schadstoffunbedenklich?

- Abschätzung der Machbarkeit:

realistisch ☐ unrealistisch ☐ keine Aussage möglich ☐

- Aufwandsabschätzung oder geschätzter Zeithorizont für Forschungsaktivitäten

sehr hoher Aufw. ☐ Arbeit an Grundlagenforschung	mittlerer Aufw. ☐ Prinzipien bekannt, Definition des technolog. Konzepts	geringer Aufw. ☐ F&E kann zeitnah mit ersten Labor-/Feldversuchen starten
langfristig ☐ über 5 Jahre bis Prototyp	mittelfristig ☐ 2 – 5 Jahre bis Prototyp	kurzfristig ☐ bis 2 Jahre bis Prototyp

- Abschätzung Prozessanpassungen Papierherstellung/Papierverarbeitung (optional)

- **Wasser/hydrophobe Eigenschaften** (evt. auch nur in eine Richtung):

Beeinflussbarkeit durch: _____

Stand heute, Einschätzung zukünftiger Stand

- Was davon erscheint schadstoffunbedenklich?

- Abschätzung der Machbarkeit:

realistisch ☐ unrealistisch ☐ keine Aussage möglich ☐

- Aufwandsabschätzung oder geschätzter Zeithorizont für Forschungsaktivitäten

sehr hoher Aufw. ☐ Arbeit an Grundlagenforschung	mittlerer Aufw. ☐ Prinzipien bekannt, Definition des technolog. Konzepts	geringer Aufw. ☐ F&E kann zeitnah mit ersten Labor-/Feldversuchen starten
langfristig ☐ über 5 Jahre bis Prototyp	mittelfristig ☐ 2 – 5 Jahre bis Prototyp	kurzfristig ☐ bis 2 Jahre bis Prototyp

- Abschätzung Prozessanpassungen Papierherstellung/Papierverarbeitung (optional)

- **Wasserdampf** (auch dampfdiffusionsoffenes Verhalten):

Beeinflussbarkeit durch: _____

Stand heute, Einschätzung zukünftiger Stand

- Was davon erscheint schadstoffunbedenklich?

- Abschätzung der Machbarkeit:

realistisch ☐ unrealistisch ☐ keine Aussage möglich ☐

- Aufwandsabschätzung oder geschätzter Zeithorizont für Forschungsaktivitäten

sehr hoher Aufw. ☐ Arbeit an Grundlagenforschung	mittlerer Aufw. ☐ Prinzipien bekannt, Definition des technolog. Konzepts	geringer Aufw. ☐ F&E kann zeitnah mit ersten Labor-/Feldversuchen starten
langfristig ☐ über 5 Jahre bis Prototyp	mittelfristig ☐ 2 – 5 Jahre bis Prototyp	kurzfristig ☐ bis 2 Jahre bis Prototyp

- Abschätzung Prozessanpassungen Papierherstellung/Papierverarbeitung (optional)

/5/ Wasserspeicherung und gezielte Wasserfreisetzung (Ansprache: Verdunstungsschutz für den Boden, Wasserfreisetzung über einen bestimmten Zeitraum bzw. bestimmte Wege zur Pflanze hin)

- Beeinflussbarkeit durch: _____
Stand heute, Einschätzung zukünftiger Stand
- Was davon erscheint schadstoffunbedenklich?
- Abschätzung der Machbarkeit:
realistisch ☐ unrealistisch ☐ keine Aussage möglich ☐
- Aufwandsabschätzung oder geschätzter Zeithorizont für Forschungsaktivitäten

sehr hoher Aufw. ☐ Arbeit an Grundlagenforschung	mittlerer Aufw. ☐ Prinzipien bekannt, Definition des technolog. Konzepts	geringer Aufw. ☐ F&E kann zeitnah mit ersten Labor-/Feldversuchen starten
langfristig ☐ über 5 Jahre bis Prototyp	mittelfristig ☐ 2 – 5 Jahre bis Prototyp	kurzfristig ☐ bis 2 Jahre bis Prototyp
- Abschätzung Prozessanpassungen Papierherstellung/Papierverarbeitung (optional)

/6/ Reißfestigkeit (Ansprache: extrem hohe Drücken bei bestimmten Bindegarnen, aber auch Maschinenausbringung zur Unkrautregulierung und Anpflanzung, BigBags)

- Beeinflussbarkeit durch: _____
Stand heute, Einschätzung zukünftiger Stand
- Was davon erscheint schadstoffunbedenklich?
- Abschätzung der Machbarkeit:
realistisch ☐ unrealistisch ☐ keine Aussage möglich ☐
- Aufwandsabschätzung oder geschätzter Zeithorizont für Forschungsaktivitäten

sehr hoher Aufw. ☐ Arbeit an Grundlagenforschung	mittlerer Aufw. ☐ Prinzipien bekannt, Definition des technolog. Konzepts	geringer Aufw. ☐ F&E kann zeitnah mit ersten Labor-/Feldversuchen starten
langfristig ☐ über 5 Jahre bis Prototyp	mittelfristig ☐ 2 – 5 Jahre bis Prototyp	kurzfristig ☐ bis 2 Jahre bis Prototyp
- Abschätzung Prozessanpassungen Papierherstellung/Papierverarbeitung (optional)

/7/ Elastische Eigenschaften wie Dehnung bzw. Duktilität (Ansprache: Dehnungen bis zu 300 % für Wickelfolien Silageballen, geringere Elastizitäten für Vielzahl von Anwendungen)

z. B. Spargelfolien, Bindematerialien, Netzersatzfolien zum Silieren)

- Beeinflussbarkeit durch: _____
Stand heute, Einschätzung zukünftiger Stand
- Was davon erscheint schadstoffunbedenklich?
- Abschätzung der Machbarkeit:
realistisch ☐ unrealistisch ☐ keine Aussage möglich ☐
- Aufwandsabschätzung oder geschätzter Zeithorizont für Forschungsaktivitäten

sehr hoher Aufw. ☐ Arbeit an Grundlagenforschung	mittlerer Aufw. ☐ Prinzipien bekannt, Definition des technolog. Konzepts	geringer Aufw. ☐ F&E kann zeitnah mit ersten Labor-/Feldversuchen starten
langfristig ☐ über 5 Jahre bis Prototyp	mittelfristig ☐ 2 – 5 Jahre bis Prototyp	kurzfristig ☐ bis 2 Jahre bis Prototyp
- Abschätzung Prozessanpassungen Papierherstellung/Papierverarbeitung (optional)

/8/ **Transparenz und Dicke** des Papiers (Ansprache: Verfrühungs- und Gemüsevliese, gegenwärtige Lösungen mit sehr geringem Gewicht)

- Beeinflussbarkeit durch: _____
Stand heute, Einschätzung zukünftiger Stand
- Was davon erscheint schadstoffunbedenklich?
- Abschätzung der Machbarkeit:
realistisch ☐ unrealistisch ☐ keine Aussage möglich ☐
- Aufwandsabschätzung oder geschätzter Zeithorizont für Forschungsaktivitäten

sehr hoher Aufw. ☐ Arbeit an Grundlagenforschung	mittlerer Aufw. ☐ Prinzipien bekannt, Definition des technolog. Konzepts	geringer Aufw. ☐ F&E kann zeitnah mit ersten Labor-/Feldversuchen starten
langfristig ☐ über 5 Jahre bis Prototyp	mittelfristig ☐ 2 – 5 Jahre bis Prototyp	kurzfristig ☐ bis 2 Jahre bis Prototyp

- Abschätzung Prozessanpassungen Papierherstellung/Papierverarbeitung (optional)

/9/ **UV-Beständigkeit** bis zu 2 Jahren (Ansprache: unter Vermeidung spröden Materialverhaltens bzw. hinsichtlich Festigkeit)

- Beeinflussbarkeit durch: _____
Stand heute, Einschätzung zukünftiger Stand
- Was davon erscheint schadstoffunbedenklich?
- Abschätzung der Machbarkeit:
realistisch ☐ unrealistisch ☐ keine Aussage möglich ☐
- Aufwandsabschätzung oder geschätzter Zeithorizont für Forschungsaktivitäten

sehr hoher Aufw. ☐ Arbeit an Grundlagenforschung	mittlerer Aufw. ☐ Prinzipien bekannt, Definition des technolog. Konzepts	geringer Aufw. ☐ F&E kann zeitnah mit ersten Labor-/Feldversuchen starten
langfristig ☐ über 5 Jahre bis Prototyp	mittelfristig ☐ 2 – 5 Jahre bis Prototyp	kurzfristig ☐ bis 2 Jahre bis Prototyp

- Abschätzung Prozessanpassungen Papierherstellung/Papierverarbeitung (optional)

/10/ **Dämmeigenschaften** (Ansprache: für Verfrühungs- und Schutzvliese, Unterschied Mitteleuropa/ Nordafrika, Beispiel Spargeldämmung)

- Beeinflussbarkeit durch: _____
Stand heute, Einschätzung zukünftiger Stand
- Was davon erscheint schadstoffunbedenklich?
- Abschätzung der Machbarkeit:
realistisch ☐ unrealistisch ☐ keine Aussage möglich ☐
- Aufwandsabschätzung oder geschätzter Zeithorizont für Forschungsaktivitäten

sehr hoher Aufw. ☐ Arbeit an Grundlagenforschung	mittlerer Aufw. ☐ Prinzipien bekannt, Definition des technolog. Konzepts	geringer Aufw. ☐ F&E kann zeitnah mit ersten Labor-/Feldversuchen starten
langfristig ☐ über 5 Jahre bis Prototyp	mittelfristig ☐ 2 – 5 Jahre bis Prototyp	kurzfristig ☐ bis 2 Jahre bis Prototyp

- Abschätzung Prozessanpassungen Papierherstellung/Papierverarbeitung (optional)

/11/ **Funktionalisierung mit biobasierten und schadstofffreien Stoffen** (Ansprache: Einbringen zusätzlicher Stoffe für positive Beeinflussung des Pflanzenwachstums, Saatbeimischung, Dünger, Nano- und Mikromaterialien, Pheromone,

Vergrämungsmittel, Manipulation von Oberflächen z. B. zum Unterbinden des Anhaftverhaltens von Insekten, Lotuseffekt)

- Beeinflussbarkeit durch: _____
Stand heute, Einschätzung zukünftiger Stand
- Was davon erscheint schadstoffunbedenklich?
- Abschätzung der Machbarkeit:
realistisch ☐ unrealistisch ☐ keine Aussage möglich ☐
- Aufwandsabschätzung oder geschätzter Zeithorizont für Forschungsaktivitäten

sehr hoher Aufw. ☐ Arbeit an Grundlagenforschung	mittlerer Aufw. ☐ Prinzipien bekannt, Definition des technolog. Konzepts	geringer Aufw. ☐ F&E kann zeitnah mit ersten Labor-/Feldversuchen starten
langfristig ☐ über 5 Jahre bis Prototyp	mittelfristig ☐ 2 – 5 Jahre bis Prototyp	kurzfristig ☐ bis 2 Jahre bis Prototyp

- Abschätzung Prozessanpassungen Papierherstellung/Papierverarbeitung (optional)

2) **Einschätzung der Anwendungsfelder mit dem größten Potenzial**

Was denken Sie, welche Einsatzgebiete versprechen das größte Potenzial für den Einsatz von Papieren/cellulosefaserhaltigen Materialien? _____

Eventuell Aufführung verschiedener Einsatzfelder: z. B. Bodenabdeckungen zur Beikrautregulierung, eventuell mit zusätzlichen Funktionen, Produkte zum Management der Bodenfeuchtigkeit und Erosion, Ersatz von Agrarfolien zum Silieren, Einmalanwendungen zum Ausbringen von Wirkstoffen, z. B. Pheromonen, für Obst- und Weinbau, Verfrühungs- und Schutzvliese, Bindematerialien, Topfmaterialien,

3) **Einschätzung der größten Hindernisse**

Was denken Sie, sind die größten Hindernisse hinsichtlich der technischer Umsetzung für den Einsatz von Papieren/cellulosefaserhaltigen Materialien?

4) **Erfahrungen mit der Entwicklung von Produkten für den Einsatz in der Landwirtschaft** (optional)

Für was werden Ihre Produkte im landwirtschaftlichen Bereich eingesetzt? Welche Erfahrungen haben Sie bereits bei der Entwicklung von Papieren / cellulosefaserhaltigen Materialien für die Landwirtschaft gemacht? (optional)

Anlage 4: Liste der befragten Experten Papierbranche (mit Freigabe)

(alphabetisch geordnet nach Organisation)

Experte	Funktion	Organisation
Projektbegleiter		
Hartmut Ott	Operational Plant Manager	Ahlstrom-Munksö Germany GmbH
Hans-Henning Junk	Geschäftsführender Gesellschafter	Albert Köhler GmbH & Co. KG
Dr. Bernd Seger	Head of Fiber Competence Center	Glatfelter Gernsbach GmbH
Andreas Hacke	Head of Sales and Technology	Gebrüder Grünwald GmbH & Co. KG
Dr. Lutz Kühne	Manager Technology and Innovation	Kabel Premium Pulp & Paper GmbH
Dr. Thomas Zimmermann	Manager Analytical Service F&E	Mitsubishi HiTecPaper Europe GmbH
Dr. Markus Wildberger	Corporate Director Technology	Papierfabrik August Koehler SE
Burkhard Neumann	Leiter Business Development	Schoeller Technocell GmbH & Co. KG
Dr. Thomas Pfitzner	Director Innovation and Digitalization	Stora Enso
Wissenschaft		
Ina Greiffenberg	Projektleiterin Funktionale Oberflächen	Papiertechnische Stiftung
Prof. Markus Biesalski	Inhaber der Professur Macromolecular Chemistry & Paper Chemistry	Technische Universität Darmstadt, Ernst-Berl-Institute for Technical and Macromolecular Chemistry
Prof. André Wagenführ / Prof. Frank Miletzky	Inhaber der Professur für Holztechnik und Faserwerkstofftechnik / Honorarprofessor	Technische Universität Dresden, Institut für Naturstofftechnik
Dr. Roland Zelm	Leiter Arbeitsgruppe Papiertechnik, Professur für Holztechnik und Faserwerkstofftechnik	Technische Universität Dresden, Institut für Naturstofftechnik
Dr. Sabine Heinemann / Thomas Schrinner / René Kleinert / Sebastian Siwek	Wissenschaftliche Mitarbeiter, Professur für Holztechnik und Faserwerkstofftechnik	Technische Universität Dresden, Institut für Naturstofftechnik
Andere Papierfabriken und -verarbeiter		
Klas Hellerström	Sales	Artinova Speciality Papers AB
Arno Wolff	Vice President Technical Products, Sales & Marketing	Walki Group