Apfelanbau unter einem variablen Foliendach: Reduktion von Pflanzenschutzmitteln bei gleichzeitiger Verbesserung der Fruchtqualität (CABRIODACH)

Projektkennung Az 34836-34

Abschlussbericht (Projektzeitraum 01.02.2022 - 31.10.2024)

eingereicht von der

Obstbauversuchsanstalt Jork der Landwirtschaftskammer Niedersachsen

Projektbearbeitung
bis Januar 2022: Dr. Hinrich H. F. Holthusen
Obstbauversuchsanstalt Jork der Landwirtschaftskammer Niedersachen
seit Mai 2022: Madeleine Paap
Obstbauversuchsring des Alten Landes e.V.
Moorende 53
21635 Jork
Tel: 04162/6016-204
Fax: 04162/6016-600
E-Mail: madeleine.paap@esteburg.de

Bewilligungsempfänger
Landwirtschaftskammer Niedersachsen
Kammerdirektor Dr. Bernd von Garmissen
Mars-La-Tour-Straße 2
26121 Oldenburg
Tel: 0441/801-102
Fax: 0441/801-125
E-Mail: bernd.vongarmissen@lwk-niedersachsen.de

gefördert durch
Deutsche Bundesstiftung Umwelt
www.dbu.de

Inhalt

Inhalt I

Abbildungsverzeichnis III

Tabellenverzeichnis IV

Einführung 1

Gegenstand und Zielsetzung des Projektes 2

Art und Umfang der Durchführung 4

1. Einrichtung Permanente Überdachung 4

2. Einrichtung Variable Überdachung 4

3. Versuchsvarianten 5

4. Fruchtertrag und -qualität 8

4.1 Fruchtertrag 8

4.2 Fruchtqualität am Erntetermin 15

4.2.1 Fruchtanalysen 2020 15

4.2.2 Fruchtanalysen 2021 17

4.2.3 Fruchtanalysen 2022 18

4.2.4 Fruchtanalysen 2023 20

4.2.5 Fruchtanalysen 2024 22

4.3 Fruchtberostung am Erntetermin 24

5. Schaderregerbefall 27

5.1 Schorf- und Mehltaubefall an Blättern 27

5.1.1 Schorf- und Mehltaubefall an Langtrieben in 2020 27

5.1.2 Mehltauprimärbefall an Triebspitzen in 2021 28

5.1.3 Schorf- und Mehltaubefall an Langtrieben in 2021 29

5.1.4 Mehltauprimärbefall an Triebspitzen in 2022 30

5.1.5 Schorfbefall an Blütenbüscheln in 2022 31

5.1.6 Mehltauprimärbefall an Triebspitzen in 2023 32

5.1.7 Schorf- und Mehltaubefall an Langtrieben in 2023 33

5.1.8 Schorf- und Mehltaubefall an Langtrieben in 2024 34

5.1.9 Blutlausbefall in 2024 35

5.2 Fruchtschorf 38

5.2.1 Fruchtschorf zur Ernte 2020 38
5.2.2 Fruchtschorf zur Ernte 2021 38
5.2.3 Fruchtschorf im Frühsommer 2022 39
5.2.4 Fruchtschorf im Frühsommer 2023 40
5.2.5 Fruchtschorf im Frühsommer 2024 41
5.2.6 Fruchtschorf nach der Ernte 2024 42
5.3 Lagerschorf und Lagerfäulen nach mehrmonatiger Kühllagerung 43
5.3.1 Lagerschorf und Lagerfäulen an Früchten aus der Ernte 2020 43
5.3.2 Lagerfäulen an Früchten aus der Ernte 2021 45
5.3.3 Lagerschorf an Früchten aus der Ernte 2022 45
5.3.4 Lagerfäulen an Früchten aus der Ernte 2022 46
5.3.5 Apfel- und Fruchtschalenwickler-Befall an Früchten aus der Ernte 2022 47
5.3.6 Lagerschorf an Früchten aus der Ernte 2023 48
5.3.7 Lagerfäulen an Früchten aus der Ernte 2023 48
5.3.8 Apfel- und Fruchtschalenwickler-Befall an Früchten aus der Ernte 2023 49
5.3.9 Lagerfäulen an Früchten aus der Ernte 2024 50

6. Pflanzenschutzmittelrückstände 51

Exkurs: Untersuchung des Einflusses von Agri-PV-Dächern auf den Fruchtertrag und die Fruchtqualität bei den Apfelsorten ‘Elstar‘, ‘Nicoter‘ und ‘Fresco‘ 54

Ergebnisverbreitung 59

Zusammenfassung und Ausblick 59

Literatur 64

Annex I 66

Annex II 68

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 Schäden an Früchten bedingt durch Wettereinflüsse: Schalenflecken bei Sorte ‘Elstar‘ (A), Apfelschorf (B), Hagelschaden (C), Schalenberostung (D), Fruchtfäule (E) Sonnenbrand (F). 2

Abb. 2 Permanent geschlossenes Foliendach auf der IP-Fläche Ende Mai 2022. Foto: Holthusen, 2022 4

Abb. 3 Variables Foliendach der Firma Valente, Typ Wayki Anti-Rain Ende Mai 2022. Folienbahnen lassen sich abschnittsweise wie Gardinen öffnen und schließen. Vordergrund geöffnetes, Hintergrund geschlossenes Dach. Foto: Holthusen, 20225

Abb. 4 Sturmschäden am Variablen Dach am 15.09.2023 auf der ÖKO-Fläche..... 8

Abb. 5 Blühstärken zwischen 1 und 8 bei der Sorte ‘Elstar‘ in der IP-Anlage; a) Hagelschutznetz, b) Freiland, c) Variables Foliendach, d) Permanentes Foliendach am 08.05.2023. 11

Abb. 6 Baumausfälle durch Obstbaumkrebsbefall (*Neonectria ditissima*) bei der Sorte ‘Nicoter‘ unter integrierten Produktionsbedingungen im Freiland (03.07.2024). 14

Abb. 7 Gesunde ‘Nicoter‘-Bäume unter integrierten Produktionsbedingungen, unter variablen Foliendächern (03.07.2024). 14

Abb. 8 Stark ausgeprägte Fruchtberostung wurden bei der Sorte ‘Fresco‘ in Übergangsbereichen zwischen Folienbahnen festgestellt (11.07.2023). 24

Abb. 9 Mehltaubefall an der Sorte ‘Braeburn‘ unter dem permanenten Foliendach in der ÖKO-Anlage, 30.05.2024..... 35

Abb. 10 Massiver Blutlausbefall an ‘Braeburn‘ unter Permanenter Folienüberdachung, auf der ÖKO-Fläche, (13.06.2024). 36

Abb. 11 Auftreten von Blutläusen (*Eriosoma lanigerum* Hausm.) an den Apfelsorten ‘Braeburn‘ und ‘Elstar‘, unter ökologischen Produktionsbedingungen, im Freiland, unter Hagelnetz, unter Variablen (Cabrio) und Permanenten Foliendächern, am 04.07.2024, n=13-20. 37

Abb. 12 Auftreten von Blutläusen (*Eriosoma lanigerum* Hausm.) an den Apfelsorten ‘Elstar‘, ‘Nicoter‘ und ‘Red Jonaprince‘ unter integrierten Produktionsbedingungen, im Freiland, unter Hagelnetz, unter Variablen (Cabrio) und Permanenten Foliendächern, am 04.07.2024, n=13-20..... 37

Abb. 13 Agri-PV-Dächer sorgten je nach Durchlässigkeit für starke Schattenbildung (vorne geschlossene Panel; hinten Panel mit Lichtfenstern). 58

Abb. 14 Undichtigkeiten der AgriPV-Dächer sorgten bei der Sorte ‘Nicoter‘ für Fruchtschorfbefall. 58

Abb. 15 Summe der jährlichen mittlere Baumerträge, für die Anbauvarianten: Freiland, Hagelschutznetz, permanentes Foliendach, variables Foliendach „Cabrio“ und Agri-PV-Dach, für die Sorten ‘Elstar‘; ‘Red Jonaprince‘, ‘Nicoter‘ und ‘Fresco‘, unter integrierten Produktionsbedingungen, 2021-2024. 66

Abb. 16 Summe der jährlichen mittlere Baumerträge, für die Anbauvarianten: Freiland, Hagelschutznetz, permanentes Foliendach, variables Foliendach „Cabrio“ und Agri-PV-Dach, für die Sorten ‘Elstar‘; ‘Red Jonaprince‘, ‘Braeburn‘ und ‘Fresco‘, unter ökologischen Produktionsbedingungen, 2021-2024. 67

Abb. 17 Befall und Baumausfälle durch Obstbaumkrebs (*Neonectria ditissima*) bei der Sorte ‘Nicoter‘ in den Varianten a: Freiland, b: Permanente Überdachung, c: Variable Überdachung, IP-Anlage, Juli 2024. 68

Abb. 18 Befall durch Blutläuse (*Eriosoma lanigerum*) bei der Sorte ‘Braeburn‘ in den Varianten a: Freiland, b: Permanente Überdachung, c: Variable Überdachung, ÖKO-Anlage, Juli 2024. 68

Abb. 19 Sichtbare Unterschiede in der Deckfarbenausprägung, der Sorte ‘Elstar‘ zwischen den Varianten a: Freiland, b: Variable Überdachung, c: Permanente Überdachung, IP-Anlage, 2024. 69

Tabellenverzeichnis

Tab. 1 Pflanzenschutzmaßnahmen (ohne Herbizide) auf Flächen der ESTEBURG mit Integrierter Produktion (IP). .. 6
Tab. 2 Pflanzenschutzmaßnahmen auf Flächen der ESTEBURG mit Ökologischer Produktion (ÖKO). 6
Tab. 3 Erntetermine der Jahre 2020 bis 2024. 8
Tab. 4 Erntemengen der Sorte ‘Elstar‘ im Projekt Cabrio-Dach zwischen 2021 und 2024. 10
Tab. 5 Erntemengen der Sorte ‘Red Jonaprince‘ im Projekt Cabrio-Dach zwischen 2020 und 2024. 12
Tab. 6 Erntemengen der Sorte ‘Fresco‘ im Projekt Cabrio-Dach zwischen 2020 und 2024. 13
Tab. 7 Erntemengen der Sorte ‘Nicoter‘ im Projekt Cabrio-Dach zwischen 2020 und 2024. 14
Tab. 8 Erntemengen der Sorte ‘Braeburn‘ im Projekt Cabrio-Dach zwischen 2020 und 2024. 15
Tab. 9 Fruchtqualität der Sorte ‘Red Jonaprince‘ am 25. September 2020. 16
Tab. 10 Fruchtqualität der Sorte ‘Fresco‘ (1. Pflücke) am 30. September 2020. 16
Tab. 11 Fruchtqualität der Sorte ‘Fresco‘ (2. Pflücke) am 07. Oktober 2020 16
Tab. 12 Fruchtqualität der Sorte ‘Elstar‘ zum Erntetermin im Herbst 2021. 17
Tab. 13 Fruchtqualität der Sorte ‘Red Jonaprince‘ zum Erntetermin im Herbst 2021. 17
Tab. 14 Fruchtqualität der Sorte ‘Fresco‘ (1. Pflücke) zum Erntetermin im Herbst 2021. 18
Tab. 15 Fruchtqualität der Sorte ‘Braeburn‘ zum Erntetermin im Herbst 2021. 18
Tab. 16 Fruchtqualität der Sorte ‘Elstar‘ zum Erntetermin im Herbst 2022. 19
Tab. 17 Fruchtqualität der Sorte ‘Red Jonaprince‘ zum Erntetermin im Herbst 2022. 19
Tab. 18 Fruchtqualität der Sorte ‘Fresco‘ (1. Pflücke) zum Erntetermin im Herbst 2022. 20
Tab. 19 Fruchtqualität der Sorte ‘Braeburn‘ zum Erntetermin im Herbst 2022. 20
Tab. 20 Fruchtqualität der Sorte ‘Elstar‘ zum Erntetermin im Herbst 2023. 21
Tab. 21 Fruchtqualität der Sorte ‘Red Jonaprince‘ zum Erntetermin im Herbst 2023 21
Tab. 22 Fruchtqualität der Sorte ‘Fresco‘ (1. Pflücke) zum Erntetermin im Herbst 2023. 22
Tab. 23 Fruchtqualität der Sorte ‘Braeburn‘ zum Erntetermin im Herbst 2023. 22
Tab. 24 Fruchtqualität der Sorte ‘Elstar‘ zum Erntetermin im Herbst 2024. 23
Tab. 25 Fruchtqualität der Sorte ‘Red Jonaprince‘ zum Erntetermin im Herbst 2024 23
Tab. 26 Fruchtqualität der Sorte ‘Fresco‘ zum Erntetermin im Herbst 2024. 23
Tab. 27 Fruchtqualität der Sorte ‘Braeburn‘ zum Erntetermin im Herbst 2024. 24
Tab. 28 Fruchtberostung der Sorte ‘Fresco‘ an zwei Ernteterminen, 2020-2021. 25
Tab. 29 Fruchtberostung der Sorte ‘Fresco‘ zum Erntetermin, 2022-2024. 26
Tab. 30 Schorfbefall an Langtrieben der Sorten ‘Red Jonaprince‘ am 02. Juni und ‘Fresco‘ am 18. Juni 2020.. 27
Tab. 31 Mehltaubefall an Langtrieben der Sorten ‘Red Jonaprince‘ am 02. Juni und ‚Fresco‘ am 18. Juni 2020.. 28
Tab. 32 Mehltauprimärbefall an Triebspitzen im Frühjahr / Sommer 2021 an diversen Sorten. 29
Tab. 33 Schorf- und Mehltaubefall an Langtrieben der Sorte ‘Red Jonaprince‘ am 14. Juni 2021. 29
Tab. 34 Mehltauprimärbefall an Triebspitzen im Frühjahr 2022 an diversen Sorten. 31
Tab. 35 Schorfbefall an Blütenbüscheln der Sorten ‘Red Jonaprince‘ am 06. Mai und ‘Fresco‘ am 20. Mai 2022. 32

Tab. 36 Mehltauprimärbefall an Triebspitzen im Frühjahr 2023 an diversen Sorten. 33

Tab. 37 Schorf- und Mehltaubefall an Langtrieben der Sorte ‘Nicoter‘ am 08. Juni 2023. 34

Tab. 38 Schorf- und Mehltaubefall an Langtrieben der Sorte ‘Red Jonaprince‘ am 08. Juni 2023. 34

Tab. 39 Schorf- und Mehltaubefall an Langtrieben der Sorte ‘Braeburn‘ am 23. Mai 2024. 34

Tab. 40 Schorf- und Mehltaubefall an Langtrieben der Sorte ‘Nicoter‘ am 23. Mai 2024. 35

Tab. 41 Primärschorfbefall an Früchten der Sorten ‘Red Jonaprince‘ und ‘Fresco‘ zum Erntetermin 2020. 38

Tab. 42 Fruchtschorfbefall an vier Apfelsorten zum Erntetermin 2021. 39

Tab. 43 Fruchtschorfbefall an verschiedenen Apfelsorten im Frühsommer 2022. 40

Tab. 44 Fruchtschorfbefall an verschiedenen Apfelsorten im Frühsommer 2023. 41

Tab. 45 Fruchtschorfbefall an verschiedenen Apfelsorten im Frühsommer 2024. 42

Tab. 46 Fruchtschorfbefall an Früchten der Sorten ‘Elstar‘, ‘Red Jonaprince‘, ‘Fresco‘ und ‘Braeburn‘ aus der Ernte 2024 nach Kühllagerung (< 2 °C) im Dezember 2024. 43

Tab. 47 Lagerschorfbefall an Früchten der Sorten ‘Red Jonaprince‘ und ‘Fresco‘ aus der Ernte 2020 nach etwa viermonatiger (ÖKO) bzw. fünfeinhalbmonatiger (IP) Kühllagerung (< 2 °C) im Januar bzw. März 2021. 44

Tab. 48 Lagerfäulenbefall an Früchten aus der Ernte 2020 nach etwa zehnmonatiger (‘Red Jonaprince‘) bzw. achtmonatiger (‘Fresco‘) Kühllagerung bei < 2 °C. 44

Tab. 49 Lagerfäulenbefall an drei Apfelsorten aus der Ernte 2021 nach siebeneinhalbmonatiger (‘Elstar‘ und ‘Red Jonaprince‘) bzw. sechseinhalbmonatiger (‘Fresco‘) Kühllagerung bei < 2 °C. 45

Tab. 50 Lagerschorfbefall an Früchten der Sorten ‘Elstar‘, ‘Red Jonaprince‘, ‘Fresco‘ und ‘Braeburn‘ aus der Ernte 2022 nach Kühllagerung (< 2 °C) im März 2023. 46

Tab. 51 Lagerfäulenbefall an drei Apfelsorten aus der Ernte 2022 nach siebeneinhalbmonatiger (‘Elstar‘ und ‘Red Jonaprince‘) bzw. sechseinhalbmonatiger (‘Fresco‘) Kühllagerung bei < 2 °C. 47

Tab. 52 Apfel- und Fruchtschalenwickler-Befall an Früchten der Apfelsorte ‘Elstar‘ aus der Ernte 2022. 47

Tab. 53 Lagerschorfbefall an Früchten der Sorten ‘Elstar‘, ‘Red Jonaprince‘, ‘Fresco‘ und ‘Braeburn‘ aus der Ernte 2023 nach Kühllagerung (< 2 °C) im April 2024. 48

Tab. 54 Lagerfäulenbefall an drei Apfelsorten aus der Ernte 2023 nach siebeneinhalbmonatiger (‘Elstar‘ und ‘Red Jonaprince‘) bzw. sechseinhalbmonatiger (‘Fresco‘) Kühllagerung bei < 2 °C. 49

Tab. 55 Apfel- und Fruchtschalenwickler-Befall an Früchten der Apfelsorte ‘Nicoter‘ aus der Ernte 2023. 50

Tab. 56 Lagerfäulenbefall an fünf Apfelsorten aus der Ernte 2024 nach dreimonatiger (‘Elstar‘,‘Red Jonaprince‘, ‘Nicoter‘,‘Fresco‘, ‘Braeburn‘) Kühllagerung bei < 2 °C. 50

Tab. 57 Rückstände von Pflanzenschutzmitteln auf Äpfeln der Sorte ‘Nicoter‘ am 27.09.2021. 51

Tab. 58 Rückstände von Pflanzenschutzmitteln auf Äpfeln der Sorte ‘Elstar‘ am 12.09.2022. 52

Tab. 59 Rückstände von Pflanzenschutzmitteln auf Äpfeln der Sorte ‘Nicoter‘ am 07.10.2022. 52

Tab. 60 Rückstände von Pflanzenschutzmitteln auf Äpfeln der Sorte ‘Fresco‘ am 07.10.2022. 52

Tab. 61 Rückstände von Pflanzenschutzmitteln auf Äpfeln der Sorte ‘Nicoter‘ am 08.09.2023. 52

Tab. 62 Rückstände von Pflanzenschutzmitteln auf Äpfeln der Sorte ‘Fresco‘ am 08.09.2023. 53

Tab. 63 Rückstände von Pflanzenschutzmitteln auf Äpfeln der Sorte ‘Elstar‘ am 02.09.2024. 53

Tab. 64 Rückstände von Pflanzenschutzmitteln auf Äpfeln der Sorte ‘Nicoter‘ am 23.09.2024. 53

Tab. 65 Versuchsaufbau Apfelproduktion unter Agri-PV-Dächern 54

Tab. 66 Erntemengen der Sorten ‘Elstar‘, ‘Nicoter‘ und ‘Fresco‘ unter Agri-PV-Dächern, 2022-2024. 55

Tab. 67 Fruchtqualität der Sorten ‘Elstar‘, ‘Nicoter‘ und ‘Fresco‘ zum Erntetermin im Herbst 2023 und 2024 unter Agri-PV-Dächern. 56

Tab. 68 Fruchtschorfbefall und Lagerfäulenbefall an drei Apfelsorten, Früchten aus der Ernte 2023 und 2024 nach etwa fünfeinhalbmonatiger bzw. dreimonatiger Kühllagerung (< 2 °C). 57

Einführung

Das Alte Land an der Niederelbe, als das größte zusammenhängende Apfelanbaugebiet Nordeuropas mit ca. 10.000 ha Anbaufläche und etwa 600 Familien-Betrieben, steht vor großen Herausforderungen. Auf der einen Seite muss die Wirtschaftlichkeit der Betriebe durch Ertrag und Qualität der produzierten Äpfel gewährleistet werden, während auf der anderen Seite die Nachhaltigkeit in der Produktion, der Verbraucherschutz und der Umweltschutz unerlässlich sind. Zusätzlich stellen Klimawandel und Automatisierung weitere Anforderungen an die Apfelanbauer. In anderen Obstkulturen, wie dem Beerenobst und dem Süßkirschenanbau, findet in den letzten Jahren eine zunehmende Verlagerung der Produktion in den geschützten Anbau (z. B. Folientunnel oder Foliendach) statt. Die höheren Produktionskosten können hierbei durch eine deutlich bessere Fruchtqualität und sichere Erträge durch Schutz vor Witterungseinflüssen mehr als kompensiert werden.

Seit etwa 20 Jahren wird auch über eine Folienüberdachung im Kernobstanbau diskutiert. Erste Arbeiten zur Überdachung von Kernobst fanden Anfang der 2000er Jahre in Bayern statt (Geipel & Kreckl, 2006). Inzwischen hat der Wandel im Obstbau zu einer Reihe von Faktoren geführt, die den Kernobstanbau unter einem Foliendach besonders interessant machen: (1) die anhaltende Forderung zur Reduktion von Pflanzenschutzmitteln (PSM) und Rückstandsminimierung insbesondere von Fungiziden, (2) die hohen Anforderungen des Handels an die Fruchtqualität von Äpfeln, (3) die Zunahme von Extremwitterungen wie Hagel, Nässe-, Hitze und Trockenperioden, (4) die vielen Erfahrungen und das technisches Knowhow von Foliendächern aus dem Kirschenanbau und (5) die neuen vorgeschriebenen abdriftmindernden Maßnahmen beim Applizieren von PSM. Das letztgenannte Thema stellt ein besonderes hervorgehobenes Problem speziell an der Niederelbe dar. Die historisch zur Entwässerung der Region entstandenen Grabenstrukturen, an die die Produktionsflächen angrenzen, haben im Jahr 2015 zu einer speziellen Rechtsverordnung zum Schutz der Oberflächengewässer, der Altes Land Pflanzenschutzverordnung (ALVO) (von Kröcher et al., 2015) geführt. PSM-Anwendungen sind seither rechtlich, technisch und organisatorisch ermöglicht, unterliegen aber bestimmten Risikominderungsanforderungen sowie strengen Kontrollen.

Europaweit gibt es inzwischen etliche Versuche, Äpfel unter einem Foliendach anzubauen. Vor allem die Reduktion von PSM und Rückständen hat enormes Potenzial im Apfelanbau unter einem Foliendach. Erste Versuchsanstellungen unter einem permanenten Dach zeigten, dass der Einsatz von PSM und das Auftreten von Rückständen auf der Frucht erheblich verringert werden kann (Bertelsen & Lindhard Pedersen, 2014; Lim et al., 2015; Zavagli et al., 2016; Arnegger et al., 2018; Kelderer et al., 2018; Zwahlen et al., 2021; Sullmann, 2022).

Weiterhin besteht die Möglichkeit, die Fruchtqualität durch den Schutz vor Wetterereignissen zu verbessern und zu erhalten und damit Lebensmittelverlusten vorzubeugen. So kann die Frucht vor Nässeperioden, in denen es zu Apfelschorf, Fruchtfäulen, Schalenberostung und Schalenflecken kommen kann, geschützt werden (**Abb. 1**). Weiterhin kann ein Foliendach Hagelschäden und Sonnenbrand verhindern, welche im Zuge von Extremwettern, hervorgerufen durch den Klimawandel, immer häufiger auch in Norddeutschland auftreten. Auch vermindert ein Foliendach die Evapotranspiration durch verminderte Einstrahlung und Windgeschwindigkeiten unter dem Foliendach und damit den Wasserbedarf der Anlage während heißer Witterungsperioden.

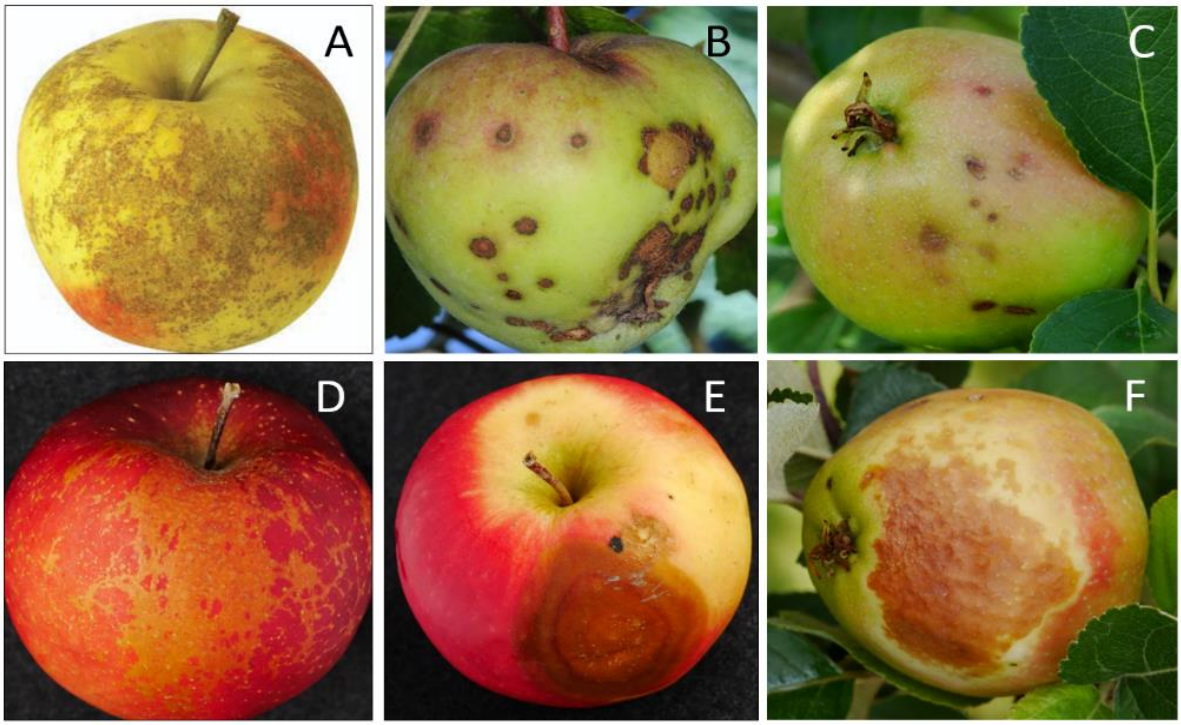

Abb. 1 Schäden an Früchten bedingt durch Wettereinflüsse: Schalenflecken bei Sorte ‘Elstar‘ (A), Apfelschorf (B), Hagelschaden (C), Schalenberostung (D), Fruchtfäule (E) Sonnenbrand (F).

Die langjährige Erfahrung im Süßkirschen-Anbau unter Foliendächern ist besonders Vorteilhaft bei der Planung und Erstellung eines Foliendaches bei einer Apfelanlage. So sind Statik und Materialanforderungen in der Praxis über viele Jahre erprobt, wodurch die Kosten für ein permanentes Dach sehr gut kalkulierbar sind.
Ein Foliendach mit Seitenabschirmung erreicht eine abdriftmindernde Wirkung von 80 % bei der Ausbringung von PSM (von Kröcher et al., 2015) und ist daher als eine Risikominderungsmaßnahme im Rahmen der ALVO im Alten Land mit seiner offenen Grabenstruktur von höchster Bedeutung, um einen umweltverträglichen Pflanzenschutz zu gewährleisten.
Viele Aspekte bei der Apfelproduktion unter Foliendach sind allerdings bisher ungeklärt: (1) der Anbau unter einem Dach, welches sich je nach Wettersituation variabel öffnen und schließen lässt, (2) das Einsparungspotenzial von PSM und die Reduktion von PSM-Rückständen unter norddeutschen Klimabedingungen, (3) der Anteil verbesserter Fruchtqualitäten, (4) die richtige Sortenwahl, (5) die Anpassung der Kulturmaßnahmen in der Ökologischen Produktion (ÖKO) und der integrierten Produktion (IP) und (6) die Wirtschaftlichkeit und die Stoff- und Energieflüsse beim Apfelanbau unter einem variablen Foliendach. Nach derzeitigem Kenntnistand gibt es keine Versuchsanlage, die den Apfelanbau unter einem wetterbezogen variabel zu schließenden und öffnenden Foliendach auch im Vergleich zu anderen Varianten der Bedachung untersucht.

Gegenstand und Zielsetzung des Projektes

Die Einsparung von PSM und die Minimierung von Rückständen bei gleichzeitiger Verbesserung der Fruchtqualität sind nach wie vor die Hauptforderungen von Verbrauchern, des Lebensmitteleinzelhandels, der Umweltverbände, der staatlichen Behörden und erklärtes

bundesweites Politikziel an die Obstbauern. Neben der Auswahl von krankheitsrobusten Sorten, einer geeigneten Pflanzenschutz-Strategie und einer abdriftmindernden Applikationstechnik hat der Schutz der Apfelanlagen vor Witterungseinflüssen durch ein Foliendach ein enormes Potenzial, PSM einzusparen. Bisher gibt es keine Apfelanlage im norddeutschen Raum, die durch ein Foliendach geschützt wird. Gerade an der Niederelbe kann das Potenzial für ein Foliendach als sehr hoch eingeschätzt werden. So ist das nass-feuchte Klima für eine starke Ausprägung etlicher Fruchtqualität und -quantität mindernder Ereignisse wie Apfelschorf, Fruchtfäulen, Schalenberostung und Schalenflecken verantwortlich. Es ist davon auszugehen, dass durch die Verwendung einer Folienüberdachung mindestens 80 % der Fungizidmaßnahmen eingespart werden könnten und gleichzeitig kein erhöhter Schaderregerbefall auftreten würde. Mit einem variablen Dach können vergleichbare Ziele erreicht werden, wobei gleichzeitig negative Effekte, wie z. B. geringere Erträge durch weniger Sonneneinstrahlung, weitgehend kompensiert werden. Durch die Verwendung von Foliendächern kann darüber hinaus die äußere Fruchtqualität maßgeblich verbessert werden. Schalenberostung wie bei der Sorte ‘Fresco‘ oder Schalenflecken wie bei der Sorte ‘Elstar‘ lassen sich bei Nutzung einer Überdachung um mehr als 80 % reduzieren. Weitere positive Effekte sind über die Reduktion von Hagelschäden, Sonnenbrand, Windschäden und PSM-Abdrift nachgewiesen. Weiterhin ist gerade im Alten Land durch den natürlichen Gewässerreichtum in Verbindung mit einer ausreichenden Verfügbarkeit von Süßwasser die Möglichkeit einer gezielten Bewässerung gegeben, die bei einem Foliendach unerlässlich ist.

Ziel war es, auf dem Versuchsbetrieb zwei Apfelanlagen (ÖKO- und IP-Produktion) mit Foliendächern auszurüsten, um das Potenzial der Einsparung von PSM, Minimierung von Rückständen und Verbesserung der Fruchtqualität wissenschaftlich zu untersuchen. Neben permanent geschlossenen Foliendächern sollten insbesondere die Auswirkungen eines variablen Foliendaches, welches witterungs- oder wetterabhängig mehrmals im Jahr geschlossen und geöffnet werden kann, bei verschiedenen Apfelsorten und deren Kulturführung unter norddeutschen Klima- und Boden-Bedingungen erfasst werden. Durch die Verwendung eines variablen Foliendaches sollen darüber hinaus die negativen Aspekte einer permanenten Folienüberdachung weitestgehend minimiert werden. Die variable Folienüberdachung sollte nur bei tatsächlichen Niederschlagsereignissen und übermäßiger Sonneneinstrahlung zum Einsatz kommen, negative Effekte auf das Landschaftsbild sollten dadurch deutlich gemindert werden. Ebenso sollten die Nachteile einer Überdachung auf Ertrag und Ausfärbung der Früchte am „Globalstrahlungsmangelstandort Niederelbe“ (Holthusen, 2010) durch ein variables Dach weitestgehend minimiert werden. Weiterhin waren positive Effekte auf die Bestäubung der Blüten durch Bienen, das Mikroklima und die Lebensdauer der Folie zu erwarten. Die Erkenntnisse sollen Entscheidungen für den Obstbauern und für Behörden zur zukünftigen umweltschonenden Apfelproduktion unterscheiden.

Art und Umfang der Durchführung

1. Einrichtung Permanente Überdachung

Im Frühjahr 2020 konnte die Beschaffung einer permanenten Überdachung (BayWa AG, München, Deutschland) für jeweils etwa 1200 m² Baumobstfläche (10 Reihen Äpfel zu etwa 33 m) sowohl auf der IP- und ÖKO-Anbaufläche der ESTEBURG ausgeschrieben und umgesetzt werden (**Abb. 2**). Die permanente Überdachung steht damit seit Vegetationsbeginn 2020 für Versuche zur Verfügung. Im Sommer 2020 wurde außerdem eine Tropfbewässerung installiert, da im trockenen Sommer 2020 insbesondere bei neu gepflanzten Bäumen (Pflanzung im Herbst 2019/ Frühjahr 2020) Trockenstress sichtbar wurde. Durch die zwischenzeitliche Inbetriebnahme der Tropfbewässerung können ab dem Erntejahr 2022 trockenstressinduzierte Auswirkungen auf die Bäume und den Ertrag weitgehend ausgeschlossen werden, da bereits zur Blüteninduktionsphase im Frühjahr 2021 eine ausreichende Wasserversorgung sichergestellt war. Die Erntemengen des Jahres 2021 wurden dagegen noch durch Trockenstress während der Blütenknospenbildung im Frühjahr 2020 beeinflusst.

Abb. 2 Permanent geschlossenes Foliendach auf der IP-Fläche Ende Mai 2022. Foto: Holthusen, 2022

2. Einrichtung Variable Überdachung

Die ebenfalls für Frühjahr 2020 anvisierte Umsetzung der variablen Überdachung durch die Firma Lock Antriebstechnik GmbH, Ertingen, Deutschland erfolgte nicht. Auf Grund technischer Probleme mit Prototypen am Bodensee und in Südfrankreich nahm die Firma Lock kurzfristig von der Errichtung weiterer Anlagen Abstand. Nachdem durch das Unternehmen auch im Herbst 2020 signalisiert wurde, dass kurz- und mittelfristig nicht mit einer Umsetzung zu rechnen sei, wurde die Errichtung der variablen Überdachung im Winter 2020/21 ausgeschrieben. Den Zuschlag erhielt das Unternehmen Hermes Fruitsystems, Beek, Niederlande. Im Juli (IP-Fläche) bzw. August 2021 (ÖKO-Fläche) wurde eine variable Überdachung der Firma Valente Srl (Campodarsego (PD), Italien) vom Typ Wayki Anti-Rain

errichte (**Abb. 3**). Folglich konnten in 2020 und im Wesentlichen auch 2021 keine Versuche unter den Bedingungen des variablen Dachs durchgeführt werden. Bedingt durch die Installation im Spätsommer, teilweise erst kurz vor der Ernte, waren auch die Ergebnisse zu Lagerfäulen und Lagerschorf in 2021 nur bedingt aussagekräftig.

Abb. 3 Variables Foliendach der Firma Valente, Typ Wayki Anti-Rain Ende Mai 2022. Folienbahnen lassen sich abschnittsweise wie Gardinen öffnen und schließen. Vordergrund geöffnetes, Hintergrund geschlossenes Dach. Foto: Holthusen, 2022

3. Versuchsvarianten

Im Projekt werden die Auswirkungen auf Fruchtertrag und -qualität von drei Witterungsschutzeinrichtungen (Hagelnetze, permanente Überdachung und variable Überdachung) im Vergleich zur Freiland-Variante untersucht. Die Untersuchungen finden dabei in einer integrierten (IP) wie auch in einer ökologisch (ÖKO) bewirtschafteten Obstanlage der ESTEBURG statt (**Tab. 1 & 2**). Die Versuchsvarianten wurden überwiegend 2020 eingerichtet, die variable Überdachung aber erst im Sommer 2021. Für jede Variante und Anbaurichtung (IP und ÖKO) standen 10 Baumreihen bepflanzt mit verschiedenen Apfelsorten und jeweils mindestens 10 Bäume zu Auswertungszwecken zur Verfügung.

Seit 2020 wurden die Sorten ‘Red Jonaprince‘ und ‘Fresco‘ sowohl in der IP- als auch der ÖKO-Anlage begleitet. Die Sorte ‘Elstar‘ in der IP-Anlage dagegen erst mit einiger Verzögerung ab dem Jahr 2021. Pflanzenschutzbehandlungen erfolgen in Anlehnung an Empfehlungen des Obstbauversuchsrings des Alten Landes e.V. (IP) bzw. ÖKO-Obstbau Norddeutschland e.V. (ÖKO). Nach Errichtung der permanenten Überdachung wurde in 2020 auf jeglichen Pflanzenschutz in den permanent überdachten Anlagen verzichtet, ab 2021 erfolgten eingeschränkte Pflanzenschutzmaßnahmen primär zur Kontrolle von Insektenbefall und des Mehltaupilzes.

Tab. 1 Pflanzenschutzmaßnahmen (ohne Herbizide) auf Flächen der ESTEBURG mit Integrierter Produktion (IP).

Witterungs-schutz	**Pflanzenschutzmitteleinsatz im Zeitraum Knospenaufbruch bis Ernte**				
	2020	**2021**	**2022**	**2023**	**2024**
Freiland	Fungizide / Insektizide bis Ernte	Fungizide / Insektizide bis Ernte	Fungizide / Insektizide bis Ernte	Fungizide / Insektizide bis Ernte	Fungizide / Insektizide bis Ernte
Hagelnetz	Wie Freiland	Wie Freiland	Wie Freiland	Wie Freiland	Wie Freiland
Permanente Überdachung	Bis 08. April: wie Freiland; ab 08. April: keine Maßnahmen	4x Mehltaufungizide / Insektizide wie Freiland	4x Mehltaufungizide / Insektizide wie Freiland	5 x Mehltaufungizid / Insektizid wie Freiland	3x Mehltaufungizid / Insektizid wie Freiland
Variable Überdachung	- [1]	Wie Freiland bis Mitte Juli; zusätz. 1x Mehltaufungizid [1]	4x Mehltaufungizide / Insektizide wie Freiland	Bis 25. März wie Freiland; 5 x Mehltaufungizid / Insektizid wie Freiland	Bis 22. März wie Freiland 3x Mehltaufungizid / Insektizid wie Freiland

[1] Einrichtung der variablen Überdachung am 21. Juli 2021.

Tab. 2 Pflanzenschutzmaßnahmen auf Flächen der ESTEBURG mit Ökologischer Produktion (ÖKO).

Witterungs-schutz	**Pflanzenschutzmitteleinsatz im Zeitraum Knospenaufbruch bis Ernte**				
	2020	**2021**	**2022**	**2023**	**2024**
Freiland	Fungizide / Insektizide bis Ernte	Fungizide / Insektizide bis Ernte	Fungizide / Insektizide bis Ernte	Fungizide / Insektizide bis Ernte	Fungizide / Insektizide bis Ernte
Hagelnetz	Wie Freiland	Wie Freiland	Wie Freiland	Wie Freiland	Wie Freiland
Permanente Überdachung	Bis 08. April: wie Freiland; ab 08. April: keine Maßnahmen	6x Mehltaufungizide / 3x Cu-Präparat / 2x VitiSan / Insektizide wie Freiland	4x Mehltaufungizide / Insektizide wie Freiland	2x Mehltaufungizide / 1x Vitisan / Insektizide wie Freiland	4x Mehltaufungizide / Insektizide wie Freiland
Variable Überdachung	- [1]	6x Mehltaufungizide / 3x Cu-Präparat / 2x VitiSan / Insektizide wie Freiland [1]	4x Mehltaufungizide / Insektizide wie Freiland	Bis 25. März wie Freiland; 2x Mehltaufungizide / 1x Vitisan / Insektizide wie Freiland	4x Mehltaufungizide / Insektizide wie Freiland

[1] Einrichtung der variablen Überdachung am 27. August 2021.

Das Permanente ÖKO-Dach wurde in 2020 ab April, in 2021 und 2022 ab dem Knospenaufbruch geschlossen und jeweils nach der Ernte (Ende Oktober) wieder geöffnet. Das Permanente IP-Dach blieb seit April 2020 durchgehend, d.h. auch im Winter, bis ins Jahr 2022 geschlossen.

Die Schließzeiten der Variablen Dächer orientierten sich an der Witterung und waren im Jahr **2021** wie folgt: 21.07. (IP) bzw. 27.08. (ÖKO) bis 31.08., 09.-17.09. und 20.09.-20.10. Zusätzlich wurde das IP-Dach in der ‘Nicoter‘-Reihe (IP) ab dem 28.10. für den Winter geschlossen.

Im Jahr **2022** waren die Schließzeiten der Variablen Dächer (IP und ÖKÖ) wie folgt: 06.05.-14.06., 18.-20.06., 24.06.-12.07., 18.07.-22.08., 26.08.-01.09. und 05.09. bis zum Erntetermin. Die Permanenten Foliendächer wurden im November 2022 geöffnet und in Witterungsschutzfolie verpackt. In den Jahren 2023 und 2024 blieben die permanenten Foliendächer durchgehend geschlossen.

Im Jahr **2023** sorgte das nasse Frühjahr schon zum Zeitpunkt des Knospenaufbruchs für ein hohes Infektionspotential durch den Schorfpilz *Venturia inaequalis*. Da die Variablen Foliendächer zu diesem ungewöhnlich frühen Ascosporenflug des Schorfpilzes noch nicht aufgezogen waren, wurden vor den ersten beiden Schorfinfektionen, am 20. und 25. März, auch im Bereich der Dächer Funigizidspritzungen durchgeführt. Darüber hinaus mussten **Mehltau *Podosphaera leucotricha*** und **Blutläuse *Eriosoma lanigerum***, deren Auftreten unter geschützten klimatischen Bedingungen stark begünstigt wurde, durch den Einsatz von Mehltaufungiziden und Insektiziden in allen Versuchsvarianten kontrolliert werden. Lange Nässephasen vor allem in der zweiten Julihälfte schufen günstige Bedingungen für den Befall durch späten Fruchtschorf (Weber & Kruse, 2024). Die Variablen Dächer blieben in den Zeiträumen 29.03.-24.05., 13.06.-05.09. und 11.09. bis zum Abschluss der Ernte geschlossen. Auf Grund starker Sturmschäden an den Folienbahnen erfolgten im Spätsommer 2023 notdürftige Reparaturen an den Variablen Dächern (**Abb. 4**). Die Variablen Dächer blieben über den Winter 2023/24 hinweg geöffnet und wurden zu Beginn des Jahres 2024 zum Schutz vor weiteren Sturmschäden zusätzlich in Winterfolie verpackt.

Im März und April **2024** musste ein Großteil der Folien der Variablen Dächer wegen zu großer Schäden ausgetauscht werden. Ab Mitte März kam es allerdings schon zu frühen Schorfinfektionen, was sehr hinderlich für die Ausbesserungsarbeiten war und eine einmalige Schorfbehandlung am 22. März auf der IP-Fläche, im Bereich der Variablen Foliendächer, nötig machte. Die Schorfinfektionen zogen sich nachfolgend durch den nassen Sommer und wurden begleitet von einem allgemein hohen Befallsdruck durch u.a. Kelchgrubenfäule (*Neonectria ditissima*, *Botrytis* spp.) und Obstbaumkrebs (*Neonectria ditissima*). Während der Blüte wurden, zur Förderung des Befruchtungserfolgs, die Variablen Dächer so lange wie möglich offengehalten. Instabiles Wetter mit wiederholten schwer vorhersagbaren Niederschlagsereignissen machten in der Blühphase alle 4 bis 5 Tage eine Auffrischung der vorbeugenden Fungizidbeläge erforderlich. Der letzten möglichen Ascosporeninfektion am 05. Mai folgten zwei Wochen mit trockener Witterung. Die dann einsetzenden starken Regenfälle machten wiederholte Schorfspritzungen nötig. In den Zeiträumen 18.-29.04. sowie 03.-07.05. blieben die Variablen Dächer geschlossen. Im weiteren Saisonverlauf wurden die niederschlagsfreien Phasen immer kürzer und unsicherer, sodass die Cabrio-Dächer vom 16.05.-09.08. für lange Zeit geschlossen blieben. Unter den Foliendächern wurden Apfelmehltau (*Podosphaera leucotricha*) und Blutläuse (*Eriosoma lanigerum*) bekämpfungswürdig. Erst zur Ernte, am 13.09.2024, wurden die Variablen Dächer ein letztes Mal geöffnet.

Abb. 4 Sturmschäden am Variablen Dach am 15.09.2023 auf der ÖKO-Fläche.

4. Fruchtertrag und -qualität

Der Fruchtertrag und die Fruchtqualität zum Zeitpunkt der Ernte wurde an den Apfelsorten ‘Elstar‘, ‘Red Jonaprince‘, ‘Fresco‘, ‘Braeburn‘ und ‘Nicoter‘ ermittelt. Insbesondere bei der Sorte ‘Fresco‘ wurde darüber hinaus der Einfluss der Überdachung auf die Fruchtberostung untersucht.

4.1 Fruchtertrag

Die Erntetermine fasst **Tab. 3** zusammen. Zum besseren Verständnis der nachfolgenden Ergebnisse werden die Besonderheiten der einzelnen Projektjahre kurz erläutert.

Tab. 3 Erntetermine der Jahre 2020 bis 2024.

Sorte	2020	2021	2022	2023	2024
‘Elstar‘		IP: 19.09. ÖKO: 20.09.	IP: 09.09. ÖKO: 21.09.	11.09.	09.09.
‘Red Jonaprince‘	23.09.	30.09.	06.10.	IP: 27.09. ÖKO: 25.09.	17.09.
‘Fresco‘	23.09. (1. Pflücke) 07.10. (2. Pflücke)	06.10. (1. Pflücke) 14.10. (2. Pflücke)	IP: 05.10. ÖKO: 11.10.	IP: 04.10. ÖKO: 05.10.	18.09.
‘Braeburn‘		15.10.	18.10.	10.10.	26.09.
‘Nicoter‘		01.10.	06.10.	29.09. (1. Pflücke) 12.10. (2. Pflücke)	23.09.

Auffällig war in **2020 und 2021** die geringere Deckfarbenausprägung der Sorten beim Anbau unter dem Permanenten Dach (**Tab. 4-8**), was sich zusätzlich noch am deutlich geringeren Anteil am ersten Erntetermin geernteter ‘Fresco‘-Früchte im Jahr 2021 unter dem Permanenten Dach widerspiegelt. Dabei war nicht nur der Anteil zum ersten Termin geernteter Früchte geringer, auch waren die tatsächlich geernteten Früchte vergleichsweise schlechter ausgefärbt (Tab. 6).

Dieses Bild konnte in **2022**, dem Jahr der „Rekordernten“, nicht bestätigt werden. Optimale Witterungsbedingungen zur Blühinduktion, Fruchtansatz und -entwicklung sorgten an der Niederelbe flächendeckend für Überbehang in nahezu allen Apfelsorten. Die insgesamt 785,7 Sonnenscheinstunden und die warme und trockene Witterung ab Juli bis zur Ernte begünstigten die Ausfärbung der Früchte. Im Juli und August schützten die Folienüberdachungen die Früchte vor Sonnenbrandschäden. Diese Sonnenschutzwirkung wurde in der Randreihe der variablen Foliendächer eindrucksvoll sichtbar. Im oberen Drittel der Bäume waren die Früchte vor starker Sonneneinstrahlung geschützt, während darunter, wo die Schattierung durch die Foliendächer nicht mehr gegeben war, einzelne Früchte deutliche Sonnenbrandschäden aufwiesen. Die Freiland- und Hagelnetzflächen wurden zum Schutz vor Sonnenbrand klimatisierend beregnet.

Das Frühjahr **2023** war geprägt durch eine sehr nasse Witterung, die bis in den Mai anhielt und ungewöhnlich frühe und starke Infektionen durch den Schorfpilz *Venturia inaequalis* mit sich brachte. Diese profitierte ebenso wie die Perithecienreife des Obstbaumkrebs *Neonectria ditissima* von den langen Nässephasen im Herbst 2022. Sodass im Frühjahr 2023 auch der Obstbaumkrebsdruck entsprechend hoch war. Die Vergleiche der Blühstärken und der Baumerträge zwischen den Witterungsschutz-Varianten waren 2023 schwierig. Nach der großen Ernte des Jahres 2022 waren die Erwartungen an die Blühstärke der Apfelbäume ohnehin zurückhaltend, was sich insbesondere in den Sorten ‘Elstar‘, ‘Nicoter‘ und ‘Red Jonaprince‘ bewahrheitete. Die Blühstärken sowie die Erträge waren in beiden Sorten sehr heterogen. Auch in 2023 wirkte sich die permanente Überdachung tendenziell negativ auf die Fruchtgröße und auf die Fruchtausfärbung aus. Während bei der Sorte ‘Red Jonaprince‘ nur geringe Einbußen in der Deckfarbenausprägung verzeichnet wurden, war die „rote Backe“ von Früchten der Sorte ‘Nicoter‘ mit zunehmender Abdeckung/Beschattung tendenziell geringer ausgeprägt (Freiland > Hagelnetz > Variables Dach > Permanentes Dach).

Das Jahr **2024** war das Jahr der frühen Obstblüte und frühen Ernte und startete auf Grund der ab Oktober 2023 eingesetzten Winterniederschläge unter erschwerten Bedingungen. Die sechsmonatige Staunässe beeinträchtigte die Befahrbarkeit der Obstanlagen massiv. Ab Mitte März sorgten dann außergewöhnlich frühe Infektionen durch *Venturia inaequalis* für eine schwere Schorfsaison, die sich durch den nassen Sommer zog. Je nach Lage und Sorte begann der Knospenaufbruch des Apfels bereits zum Monatswechsel Februar/März. Die ersten Knospen waren bei ‘Braeburn‘ und ‘Red Jonaprince‘ am 04.03., bei ‘Elstar‘ am 08.03. und bei ‘Fresco‘ am 11.03. offen. Das war rund 14 Tage früher als 2023 und in etwa vergleichbar mit dem bislang frühesten Frühjahr 2020. Daraus entstand die gemeinsam mit 2014 früheste Apfelblüte seit Beginn der Aufzeichnungen (Weber & Langer, 2024). Der Vegetationsvorsprung hielt sich in dieser Größenordnung bis zum Ende des Jahres (Hahn & Weber, 2025). Eine Kältephase während der Vollblüte, in der die Tageshöchsttemperaturen

kaum 10 °C überstiegen, gepaart mit wiederholten Niederschlägen erschwerten die Blütenbestäubung für die Bienen. Der Einsatz der Frostschutzberegnung im Freiland und unter den Hagelschutznetzen Mitte/Ende April sicherte die die Obstanlagen vor drohenden Frostschäden.

Tab. 4 Erntemengen der Sorte 'Elstar' im Projekt Cabrio-Dach zwischen 2021 und 2024.

Witterungsschutz	**Ertrag pro Baum (kg) / *Durchschnittliche Fruchtgröße (mm)* / Deckfarbe (%)**											
	2021			**2022**			**2023**			**2024**		
IP												
Freiland	4,7	*73,7*	78,4	8,5	*69,5*	69,7	7,8	*68,7*	72,6	17,0	*68,2*	79,4
Hagelnetz	4,0	*74,8*	79,6	9,8	*71,0*	66,2	10,4	*71,2*	65,2	--[1]	--[1]	--[1]
Permanente Überdachung	2,8	*70,8*	64,7	6,9	*70,9*	64,4	3,2	*67,6*	64,8	13,9	*63,7*	60,8
Variable Überdachung	4,2	*70,8*	82,5	7,0	*70,0*	81,2	6,1	*68,3*	77,1	12,2	*64,1*	74,7
ÖKO												
Freiland	4,4	*72,1*	71,9	18,2	*71,0*	81,9	11,1	*64,5*	72,6	19,4	*68,1*	63,5
Hagelnetz	3,3	*69,1*	81,1	17,3	*69,1*	91,1	k.A.	*62,7*	81,0	16,8	*68,2*	80,3
Permanente Überdachung	4,1	*66,2*	75,8	16,7	*67,2*	77,9	7,1	*63,7*	61,2	22,5	*64,7*	63,7
Variable Überdachung	3,2	*68,0*	72,3	16,7	*70,3*	87,1	9,6	*62,9*	62,6	25,8	*65,3*	60,7

[1] Keine Ertragserfassung in 2024 auf Grund starker Sturmschäden an den Hagelnetzen.

Die Baumerträge der beiden '**Elstar'**-Anlagen (IP, ÖKO) unterschieden sich zu Projektbeginn im Jahr 2022 deutlich (Tab. 4). Erst im weiteren Projektverlauf glich sich das Ertragsniveau etwa an. Bei der IP-Anlage handelt es sich um eine Junganlage mit Pflanzjahr 2020. Die ÖKO-Anlage mit Pflanzjahr 2012 startet dagegen bereits in ihrer Vollertragsphase. Starke jährliche Ertragsschwankungen lassen sich durch die Alternanzneigung der Sorte, die sich in heterogener Blühstärke widerspiegelte (**Abb. 5**), erklären. Die unter den Foliendächern produzierten Baumerträge waren über alle Jahre, insbesondere in der IP-Anlage, niedriger als in den anderen Varianten. Die Deckfarbenausprägung der Früchte war unter dem Variablen Foliendach (IP, ÖKO) und unter dem Hagelschutznetz (ÖKO) am stärksten. Der erwartete Effekt, durch öffnen der Variablen Dächer kurz vor der Ernte erhöhte direkte Sonneneinstrahlung auf die Früchte zuzulassen, kam hier zum Tragen und führte insbesondere gegenüber den Permanenten Dächern in der Regel zu einer Qualitätsverbesserung. Die relative schlechte Ausfärbung unter dem Variablen ÖKO-Dach erklärt sich primär durch die nur sehr kurzen Dachöffnungszeiten vor der Ernte in 2023 und 2024. Zusätzlich muss davon ausgegangen werden, dass Ertragseffekte die Ausfärbung der Früchte beeinflussten, da höhere Erträge in der Regel mit einer schwächeren Deckfarbenausprägung einhergehen. Die beste Deckfarbenausprägung wurde in 2023 und 2024 Jahren auf der ÖKO-Fläche unter dem Hagelschutznetz festgestellt. Auf der IP-Fläche war die Deckfarbenausprägung unter dem Variablen Foliendach in 2023 am stärksten und im Jahr 2024 nur rund 5 % geringer als in der Freiland-Variante.

Abb. 5 Blühstärken zwischen 1 und 8 bei der Sorte ‘Elstar‘ in der IP-Anlage; a) Hagelschutznetz, b) Freiland, c) Variables Foliendach, d) Permanentes Foliendach am 08.05.2023.

Bei der Sorte **‘Red Jonaprince‘** führte der eingangs erwähnte Rekordertrag im Jahr 2022 auf der IP-Fläche zu enormen Baumerträgen in den Varianten Freiland und Hagelnetz von über 100 t/ha. Die Varianten unter Folienüberdachungen zeigten deutliche Ertragseinbußen auf etwa 60 bis 70 t/ha. Der Baumertrag der Foliendachvarianten reduzierte sich um 14 respektive 19 kg pro Baum, wobei die Fruchtgrößen trotzdem hinter denen der Freiland- und Hagelnetzvariante zurückblieben (Tab. 5). In der ÖKO-Anlage fielen die Ertragsunterschiede geringer aus. Im Vergleich zum Vorjahr zeigte sich, dass der Fruchtansatz in 2022 in den Varianten Freiland und Hagelnetz deutlich besser war als unter den Foliendächern. Da die Variablen Dächer zum Zeitpunkt der Blüteninduktion im Jahr 2021 noch nicht installiert waren, muss angenommen werden, dass die Beschattung durch die Foliendächer zu einer stärkeren Fruchtausdünnung in 2022 geführt hat. Der Einfluss auf die Bestäubung war wahrscheinlich nachrangig, da die Variablen Dächer bis zur Vollblüte geöffnet waren. Hintergründe für die niedrigeren Erträge in den Foliendachvarianten wurden 2023 und 2024 ermittelt. So betrug die durchschnittliche Blühstärke (Standardabweichung) [Index 1-8] der IP-Anlage in 2023 unter dem Variablen Foliendach 3,7 (2,1). Daraus resultierte wenig überraschend ein im Vergleich geringerer Baumertrag. Allerdings war die Blühstärke unter dem Permanenten Foliendach mit 5,3 (2,4) vergleichbar mit den Varianten Freiland 5,1 (1,7) und Hagelschutznetz 5,5 (1,4). Die daraus resultierenden Baumerträge unter dem Permanenten Foliendach waren aber tendenziell geringer (Tab. 5). Die zusätzliche Beschattung als Ursache ist naheliegend. Das gleiche Bild zeigte sich in der ÖKO-Anlage. Die Blühstärken unter den Foliendächern streuten fast doppelt so stark wie in den Freiland- und Hagelnetz-Varianten. Die Blühstärken waren unter den

variablen und dem permanenten Foliendächern mit mittleren Boniturnoten von 6,0 und 5,4 höher als im Freiland (4,0) und unter dem Hagelschutznetz (4,4). Die Erträge unter dem Permanenten Foliendach waren trotzdem am niedrigsten (Tab. 5). Allerdings war kein negativer Einfluss auf die Baumerträge unter dem Variablen Foliendach feststellbar. Hier dürfte die 3-wöchige Öffnung der variablen Foliendächer von Ende Mai bis Mitte Juni den Effekt der Ausdünnung durch Beschattung verhindert haben.

Auch im Jahr 2024 wurden die Blühstärke unter IP-Bedingungen genauer beleuchtet. Die Blühstärken unter den Variablen Foliendächern und dem Permanenten Foliendach wurden mit Boniturnoten von 5,7 und 4,7 bewertet. In der Freiland-Variante betrug die Blühstärke 4,9. Die Streuungsmaße unterschieden sich diesmal zwischen den Varianten unwesentlich. Der mittlere Baumertrag der Freiland-Variante war jedoch fast doppelt so hoch verglichen mit den Foliendach-Varianten. Im Jahr 2024 blieben das Variable Foliendach im Gegensatz zum Vorjahr bedingt durch den regenreichen Sommer allerdings ab Mitte Mai durchgehend geschlossen. Mit den großen Streuungen der Blühstärken und den im Verhältnis zur Blühstärke geringeren Baumerträgen unter den Foliendächern bestätigen die letzten beiden Projektjahre, dass die Beschattung einen fruchtausdünnenden Effekt haben kann.

Sowohl in der IP-, als auch in der ÖKO-Anlage färbten die Früchte unter dem Variablen Foliendach besser aus als unter dem Permanenten Dach (Tab. 5). Die Ausfärbung war vergleichbar zum Freiland und Hagelnetz. Neben dem geringen Fruchtertrag unter der variablen IP-Überdachung in 2023 wird sich hier insbesondere die Entfernung der Beschattung kurz vor der Ernte, zum Teil auch nur wenige Tage, positiv ausgewirkt haben.

Tab. 5 Erntemengen der Sorte ‘Red Jonaprince‘ im Projekt Cabrio-Dach zwischen 2020 und 2024.

Witterungs-schutz	**Ertrag pro Baum (kg) / *Durchschnittliche Fruchtgröße (mm)* / Deckfarbe (%)**														
	2020			**2021**			**2022**			**2023**			**2024**		
IP															
Freiland	22,8	*81,2*	86,8	18,8	*85,4*	95,5	40,2	*77,7*	94,9	23,3	*76,5*	95,4	31,1	78,4	96,2
Hagelnetz	25,0	*81,2*	85,7	26,5	*81,6*	94,3	38,5	*77,2*	96,0	28,5	*76,2*	96,3	-[2]	-[2]	-[2]
Permanente Überdachung	19,3	*82,8*	88,7	21,7	*80,1*	89,8	21,6	*74,2*	82,5	22,5	*74,1*	93,0	17,4	74,6	89,8
Variable Überdachung	-[1]	-[1]	-[1]	20,0	*78,5*	93,1	24,5	*75,2*	93,7	10,0	*74,4*	95,6	18,8	73,4	92,7
ÖKO															
Freiland	26,9	*79,3*	84,6	16,4	*78,1*	86,8	22,6	*78,8*	90,9	21,2	*74,6*	73,4	-[3]	-[3]	-[3]
Hagelnetz	20,4	*82,3*	86,9	13,7	*79,7*	93,2	20,2	*81,8*	93,2	18,6	*78,3*	89,0	-[3]	-[3]	-[3]
Permanente Überdachung	18,7	*78,2*	86,1	18,0	*77,4*	82,4	21,7	*78,6*	87,3	16,5	*74,7*	74,9	-[3]	-[3]	-[3]
Variable Überdachung	-[1]	-[1]	-[1]	18,0	*76,7*	94,3	16,4	*83,4*	94,2	24,8	*76,1*	82,2	-[3]	-[3]	-[3]

[1] Keine Ertragserfassung in 2020 auf Grund fehlender variabler Überdachung.

[2] Keine Ertragserfassung in 2024 auf Grund starker Sturmschäden an den Hagelnetzen.

[3] In 2024 nicht mehr erfasst.

Bei der Sorte **‘Fresco‘** wurden auf der IP-Fläche in den 2021 und 2022 die höchsten Baumerträge unter dem Hagelnetz registriert, gefolgt von den Varianten Variable Überdachung und Freiland (Tab. 6). Zur Blüteninduktion im Jahr 2021 waren die variablen Dächer, wie bereits erwähnt, noch nicht installiert und beeinflussten somit den Blütenansatz nicht. Bei der Permanenten Überdachung ist davon auszugehen, dass die Beschattung zum Zeitpunkt der Blüteninduktion im Jahr 2021 zu einem geringeren Blüten- und Fruchtansatz geführt hat und zusätzlich die Beschattung zur Ertragsminderung beitrug. In der ÖKO-Anlage wurden 2022 die höchsten Baumerträge unter den Foliendächern verzeichnet, was aber vor allem auf die geringeren Vorjahreserträge zurückgeführt werden kann. Wohl primär alternanzbedingt ergaben sich 2023 unter den IP- und ÖKO-Foliendächern sehr niedrige Baumerträge. Insbesondere unter dem Variablen Foliendach gingen die einher mit vergleichsweise großen Fruchtkalibern und besserer Ausfärbung. Im letzten Projektjahr drehte sich alternanzbedingt das Ertragsverhältnis erneut und die höheren Fruchterträge wurden unter den Foliendächern erzielt (Tab. 6). Der niedrige Baumertrag im Freiland und unter dem Hagelnetz im Jahr 2022 ging ebenfalls mit großen Fruchtkalibern einher. Auch hier wurde Alternanz bedingt hohe Baumerträge im Folgejahr verzeichnet. Die Fruchtausfärbung war unter allen Witterungsschutzsystemen geringer als im Freiland, wobei die Ausfärbung unter dem Variablen Foliendach das Niveau des Hagelnetzes erreichte. Generell kann festgestellt werden, dass die Sorte ‘Fresco‘ auf Beschattung massiv mit verminderter Deckfarbenausprägung reagiert.

Tab. 6 Erntemengen der Sorte ‘Fresco‘ im Projekt Cabrio-Dach zwischen 2020 und 2024.

Witterungs-schutz	**Ertrag pro Baum (kg) / *Durchschnittliche Fruchtgröße 1. Pflücke (mm)* / Deckfarbe 1. Pflücke (%) / *Anteil 1. Pflücke (%)***															
	2020			**2021**				**2022**			**2023**			**2024**		
IP																
Freiland	15,9	*82,7*	81,2	20,7	*81,7*	57,7	*88*	25,9	*73,2*	52,4	17,6	*78,0*	67,5	18,4	*84,5*	59,1
Hagelnetz	17,1	*78,6*	74,2	27,4	*81,4*	47,8	*81*	35,7	*73,7*	44,0	21,4	*77,6*	54,1	-[2]	-[2]	-[2]
Permanente Überdachung	14,0	*77,9*	58,8	14,0	*79,5*	46,0	*73*	17,7	*74,0*	44,6	13,8	*77,8*	44,2	19,5	*76,5*	37,2
Variable Überdachung	-[1]	-[1]	-[1]	22,8	*79,5*	49,4	*78*	27,1	*73,2*	44,1	13,6	*79,8*	61,0	24,8	*76,7*	44,6
ÖKO																
Freiland	13,3	*78,2*	62,8	12,4	*83,1*	51,1	*90*	10,7	*82,3*	73,0	19,5	*76,6*	*42,6*	-[3]	-[3]	-[3]
Hagelnetz	13,7	*78,7*	57,3	14,3	*82,5*	42,1	*82*	10,7	*85,7*	67,6	22,6	*74,5*	*30,8*	-[3]	-[3]	-[3]
Permanente Überdachung	13,4	*75,1*	52,1	10,2	*79,1*	45,8	*69*	15,4	*75,2*	56,0	4,6	*76,6*	*42,8*	-[3]	-[3]	-[3]
Variable Überdachung	-[1]	-[1]	-[1]	10,0	*80,2*	64,1	*92*	19,6	*76,0*	67,8	9,8	*78,9*	*55,4*	-[3]	-[3]	-[3]

[1] Keine Ertragserfassung in 2020 auf Grund fehlender variabler Überdachung.

[2] Keine Ertragserfassung in 2024 auf Grund starker Sturmschäden an den Hagelnetzen.

[3] In 2024 nicht mehr erfasst.

Bei der Sorte ‘**Nicoter**‘ (Pflanzjahr 2020) fielen die Erträge 2022 unter den Foliendächern vergleichsweise hoch aus, was auf die niedrigen Vorjahreserträge zurückgeführt werden kann (Tab. 7). Im Gegensatz zum Variablen Dach, welches im Frühjahr 2021 noch nicht errichtet war, hatte die Permanente Überdachung zum Zeitpunkt der Blühinduktion negativen Einfluss

auf die Blütenentwicklung und den Fruchtertrag 2021. Im Jahr 2024 wurden auf Grund vieler Baumverluste, welche auf starke Infektionen durch Obstbaumkrebs (*Neonectria ditissima*) zurückzuführen waren, in der Freiland-Variante massive Ertragseinbußen verzeichnet (**Abb. 6**). Die Baumgesundheit unter den Foliendächern war sichtlich besser und es waren keine Baumausfälle zu verzeichnen (**Abb. 7**). Die Erträge unter dem Permanenten Foliendach waren im Betrachtungszeitraum relativ ebenbürtig, allerdings führte die Überdachung zu einer deutlich schlechteren Fruchtausfärbung, insbesondere in 2020 und 2024. Durch die Verwendung des Variablen Foliendachs konnten die negativen Effekte weitestgehend kompensiert werden: neben sicheren Erträgen ab 2022 war die Ausfärbung der Früchte mit denen im Freiland vergleichbar.

Tab. 7 Erntemengen der Sorte ‘Nicoter‘ im Projekt Cabrio-Dach zwischen 2020 und 2024.

Witterungsschutz	**Ertrag pro Baum (kg) / *Durchschnittliche Fruchtgröße (mm)* / Deckfarbe (%)**													
	2020			**2021**			**2022**			**2023**			**2024**		
IP															
Freiland	-	-	-	7,4	*74,2*	54,3	5,3	*78,4*	47,5	10,5	*74,4*	43,1	1,5	*76,0*	39,2
Hagelnetz	-	-	-	7,9	*76,6*	49,0	6,5	*77,2*	50,3	7,1	*73,9*	37,8	-[1]	-[1]	-[1]
Permanente Überdachung	-	-	-	3,5	*78,2*	34,2	8,7	*76,6*	50,2	9,2	*75,4*	33,0	14,8	*72,4*	34,4
Variable Überdachung	-	-	-	5,6	*74,5*	62,0	9,8	*75,5*	52,0	10,7	*71,7*	35,0	12,0	*71,5*	51,1

Generell keine Ertragserfassung in 2020 auf Grund später Pflanzung.

[1] Keine Ertragserfassung in 2024 auf Grund starker Sturmschäden an den Hagelnetzen.

Abb. 6 Baumausfälle durch Obstbaumkrebsbefall (*Neonectria ditissima*) bei der Sorte ‘Nicoter‘ unter integrierten Produktionsbedingungen im Freiland (03.07.2024).

Abb. 7 Gesunde ‘Nicoter‘-Bäume unter integrierten Produktionsbedingungen, unter Variablen Foliendächern (03.07.2024).

Anstelle der Sorte ‘Nicoter‘ wurde unter ökologischen Anbaubedingungen die Vatersorte ‘**Braeburn**‘ (Pflanzjahr 2010) untersucht (Tab. 8). Ähnlich wie bei ‘Nicoter‘ (IP) war die Deckfarbenausprägung unter der Permanenten Überdachung in allen Jahren am schwächsten. Das Öffnen des Variablen Dachs konnte die möglichen Ausfärbungsverluste dagegen mit leichten Einschränkungen, insbesondere in 2023, kompensieren. Dagegen war die Ausfärbung der Früchte in 2024 gegenüber der Hagelnetzvariante sogar überlegen, wobei der etwa 20% geringere Behang die Ausfärbung unter dem Variablen Foliendach zusätzlich begünstigte.

Tab. 8 Erntemengen der Sorte ‘Braeburn‘ im Projekt Cabrio-Dach zwischen 2020 und 2024.

Witterungs-schutz	Ertrag pro Baum (kg) / *Durchschnittliche Fruchtgröße (mm)* / Deckfarbe (%)														
	2020			2021			2022			2023			2024		
ÖKO															
Freiland	-	-	-	10,9	*67,3*	56,7	11,8	*68,5*	66,7	16,5	*67,5*	55,8	10,2	*65,9*	64,9
Hagelnetz	-	-	-	12,0	*68,2*	57,6	12,0	*67,2*	68,2	12,2	*68,1*	49,1	10,8	*66,0*	58,2
Permanente Überdachung	-	-	-	9,6	*68,3*	36,1	12,0	*69,6*	52,2	12,8	*65,5*	17,9	3,6	*70,4*	37,9
Variable Überdachung	-	-	-	9,6	*66,8*	50,9	15,4	*69,9*	63,8	20,1	*66,4*	45,5	8,4	*71,2*	61,0

Versuchsbeginn erst in 2021 daher keine Ertragserfassung in 2020.

4.2 Fruchtqualität am Erntetermin

Jeweils zum Erntezeitpunkt wurden Fruchtproben (30-40 Früchte je Sorte und Variante) zur Bestimmung der Fruchtreife gezogen. Die Analyse erfolgt visuell anhand des Stärkeabbaus (Index: 1 = *kein Stärkeabbau* bis 10 = *Schnittfläche stärkefrei*). Die qualitätsbestimmenden Parameter Fruchtfleischfestigkeit, Anteil der löslichen Trockensubstanz und der Gehalt titrierbarer Säuren wurden mit Hilfe des zerstörerisch arbeitenden Systems “Pimprenelle” (SETOP Giraud Technology, Cavaillon, Frankreich) bestimmt.

4.2.1 Fruchtanalysen 2020

In Bezug auf den Stärkeabbau ergab sich 2020 kein einheitliches Bild (**Tab. 9-11**). Früchte der Sorte ‘Red Jonaprince‘ zeigten aber insbesondere bei permanenter Überdachung in der ÖKO-Variante einen fortgeschrittenen Stärkeabbau (Tab. 9). Die untersuchten Früchte aus der Permanenten Überdachung waren in allen Fällen im Durchschnitt auch leichter und wiesen in den meisten Fällen eine geringere Festigkeit auf. In allen untersuchten Fällen war der Gehalt an löslicher Trockensubstanz in Früchten aus der Permanenten Überdachung geringer, mit Ausnahme der 1. Pflücke ‘Fresco‘ aus der IP-Variante traf das auch auf den Gehalt mit titrierbaren Säuren zu.

Tab. 9 Fruchtqualität der Sorte ‘Red Jonaprince‘ am 25. September 2020.

Witterungsschutz	Gewicht (g)	Stärke (1-10)	Festigkeit (kg cm^{-2})	Lösliche Trockensubstanz (°Brix)	Titrierbare Säuren (g l^{-1})
IP					
Freiland	206	5,3	7,3	12,5	5,9
Hagelnetz	200	6,7	7,0	15,5	5,3
Permanente Überdachung	190	6,6	7,0	11,6	5,3
ÖKO					
Freiland	185	5,8	7,4	12,6	5,5
Hagelnetz	202	5,3	7,4	12,2	6,2
Permanente Überdachung	195	7,0	6,8	11,5	4,9

Tab. 10 Fruchtqualität der Sorte ‘Fresco‘ (1. Pflücke) am 30. September 2020.

Witterungsschutz	Gewicht (g)	Stärke (1-10)	Festigkeit (kg cm^{-2})	Lösliche Trockensubstanz (°Brix)	Titrierbare Säuren (g l^{-1})
IP					
Freiland	216	8,1	6,0	13,4	5,7
Hagelnetz	191	8,3	5,6	12,7	5,1
Permanente Überdachung	182	7,4	6,0	12,0	5,5
ÖKO					
Freiland	205	7,8	6,0	13,0	5,5
Hagelnetz	211	7,0	6,3	12,5	5,6
Permanente Überdachung	186	8,0	5,8	11,7	5,1

Tab. 11 Fruchtqualität der Sorte ‘Fresco‘ (2. Pflücke) am 07. Oktober 2020

Witterungsschutz	Gewicht (g)	Stärke (1-10)	Festigkeit (kg cm^{-2})	Lösliche Trockensubstanz (°Brix)	Titrierbare Säuren (g l^{-1})
IP					
Freiland	191	9,7	6,0	12,8	5,2
Hagelnetz	187	9,7	5,8	12,7	5,0
Permanente Überdachung	155	9,7	6,2	11,3	4,8
ÖKO					
Freiland	177	9,5	6,0	12,5	5,4
Hagelnetz	164	9,5	6,2	12,4	5,7
Permanente Überdachung	162	9,6	5,8	11,2	4,8

4.2.2 Fruchtanalysen 2021

Wie schon im Vorjahr wurden Analysen der Früchte zum Erntetermin durchgeführt. Zusätzlich zu den Sorten ‘Red Jonaprince‘ und ‘Fresco‘ wurden auch ‘Elstar‘ und ‘Braeburn‘ untersucht (**Tab. 12-15**). In der Sorte ‘Red Jonaprince‘ hatten Äpfel, die unter dem Permanenten Dach gewachsen waren erneut eine geringere Fruchtfleischfestigkeit (Tab. 13). Der Anteil löslicher Trockensubstanz und der Anteil titrierbarer Säuren war in den Sorten ‘Elstar‘, ‘Red Jonaprince‘ und ‘Fresco‘ bei Früchten, die unter dem Permanenten Dach gewachsen waren reduziert (Tab. 12-14). Bei der Interpretation der Daten zur Variablen Überdachung muss berücksichtigt werden, dass die Dächer erst im Laufe des Sommers errichtet wurden.

Tab. 12 Fruchtqualität der Sorte ‘Elstar‘ zum Erntetermin im Herbst 2021.

Witterungsschutz	Festigkeit (kg cm^{-2})	Lösliche Trockensubstanz (°Brix)	Titrierbare Säuren (g l^{-1})
IP			
Freiland	5,5	15,1	7,5
Hagelnetz	5,4	15,0	7,6
Permanente Überdachung	5,3	14,6	6,4
Variable Überdachung	5,3	15,7	7,3
ÖKO			
Freiland	5,2	13,5	6,4
Hagelnetz	5,4	13,8	6,5
Permanente Überdachung	5,1	12,3	5,6
Variable Überdachung	5,1	12,7	6,3

Nicht-zerstörungsfreie Analyse mit der Pimprenelle, n = 40 Früchte.

Tab. 13 Fruchtqualität der Sorte ‘Red Jonaprince‘ zum Erntetermin im Herbst 2021.

Witterungsschutz	Festigkeit (kg cm^{-2})	Lösliche Trockensubstanz (°Brix)	Titrierbare Säuren (g l^{-1})
IP			
Freiland	5,2	13,9	5,2
Hagelnetz	5,3	12,8	4,7
Permanente Überdachung	4,8	12,1	4,6
Variable Überdachung	5,5	13,3	4,5
ÖKO			
Freiland	5,1	14,3	5,6
Hagelnetz	5,4	14,1	5,7
Permanente Überdachung	4,8	12,8	4,5
Variable Überdachung	5,0	13,5	5,2

Nicht-zerstörungsfreie Analyse mit der Pimprenelle, n = 40 Früchte.

Tab. 14 Fruchtqualität der Sorte 'Fresco' (1. Pflücke) zum Erntetermin im Herbst 2021.

Witterungsschutz	Festigkeit (kg cm^{-2})	Lösliche Trockensubstanz (°Brix)	Titrierbare Säuren (g l^{-1})
IP			
Freiland	5,2	15,1	5,3
Hagelnetz	5,1	14,9	5,1
Permanente Überdachung	5,0	13,8	4,8
Variable Überdachung	5,2	14,8	5,3
ÖKO			
Freiland	5,8	15,1	6,3
Hagelnetz	5,5	14,9	6,0
Permanente Überdachung	5,8	14,4	5,7
Variable Überdachung	5,5	15,6	6,1

Nicht-zerstörungsfreie Analyse mit der Pimprenelle, n = 40 Früchte.

Tab. 15 Fruchtqualität der Sorte 'Braeburn' zum Erntetermin im Herbst 2021.

Witterungsschutz	Festigkeit (kg cm^{-2})	Lösliche Trockensubstanz (°Brix)	Titrierbare Säuren (g l^{-1})
ÖKO			
Freiland	8,6	12,2	7,4
Hagelnetz	8,3	11,7	7,0
Permanente Überdachung	8,5	12,0	7,2
Variable Überdachung	8,3	12,0	7,3

Nicht-zerstörungsfreie Analyse mit der Pimprenelle, n = 40 Früchte.

4.2.3 Fruchtanalysen 2022

Analog zu den Vorjahren wurden Fruchtanalysen zum Erntetermin durchgeführt (**Tab. 16-19**). Wie schon in den Vorjahren wurde bei der Sorte 'Red Jonaprince' (IP) in der Variante Permanente Überdachung eine geringere Fruchtfleischfestigkeit festgestellt. Auch Früchte der Sorte 'Elstar', die unter Permanenter (IP, ÖKO) und Variabler Überdachung (ÖKO) produziert wurden wiesen eine geringere Fruchtfleischfestigkeit auf. Ebenfalls wie im Vorjahr war bei diesen Sorten sowie 'Fresco' der Anteil löslicher Trockensubstanz bei Früchten, die unter dem Permanenten Dach auf der ÖKO-Fläche gewachsen waren, reduziert. Bei 'Fresco' lassen sich die Unterschiede in der löslichen Trockensubstanz durch die im Kapitel 4.1 beschriebenen Ertragsunterschiede erklären. Die deutlich höheren Erträge unter den Überdachungen führten in diesem Jahr zu einem geringeren Zuckergehalt, dem überwiegenden Anteil der löslichen Trockensubstanz. Anders als noch in 2021 ergab die Untersuchung der Anteile titrierbarer Säuren keine Trends zu höheren oder niedrigeren Anteilen bei den verschiedenen Varianten.

Tab. 16 Fruchtqualität der Sorte ‘Elstar‘ zum Erntetermin im Herbst 2022.

Witterungsschutz	Festigkeit (kg cm^{-2})	Lösliche Trockensubstanz (°Brix)	Titrierbare Säuren (g l^{-1})
IP			
Freiland	6,7	12,0	4,8
Hagelnetz	6,8	11,4	4,5
Permanente Überdachung	6,3	11,7	4,5
Variable Überdachung	6,8	12,0	4,5
ÖKO			
Freiland	6,3	11,2	7,0
Hagelnetz	6,2	11,5	6,1
Permanente Überdachung	5,9	10,2	6,2
Variable Überdachung	5,8	10,6	6,4

Nicht-zerstörungsfreie Analyse mit der Pimprenelle, n = 40 Früchte.

Tab. 17 Fruchtqualität der Sorte ‘Red Jonaprince‘ zum Erntetermin im Herbst 2022.

Witterungsschutz	Festigkeit (kg cm^{-2})	Lösliche Trockensubstanz (°Brix)	Titrierbare Säuren (g l^{-1})
IP			
Freiland	6,6	11,8	7,8
Hagelnetz	6,8	11,4	4,5
Permanente Überdachung	6,3	11,7	4,5
Variable Überdachung	6,8	12,0	4,5
ÖKO			
Freiland	6,5	12,2	5,1
Hagelnetz	6,4	12,0	5,4
Permanente Überdachung	6,5	11,6	4,6
Variable Überdachung	6,7	11,8	5,0

Nicht-zerstörungsfreie Analyse mit der Pimprenelle, n = 40 Früchte.

Tab. 18 Fruchtqualität der Sorte ‘Fresco‘ (1. Pflücke) zum Erntetermin im Herbst 2022.

Witterungsschutz	Festigkeit (kg cm^{-2})	Lösliche Trockensubstanz (°Brix)	Titrierbare Säuren (g l^{-1})
IP			
Freiland	5,6	13,2	4,5
Hagelnetz	5,4	12,5	4,8
Permanente Überdachung	5,5	13,0	5,3
Variable Überdachung	5,4	13,0	4,9
ÖKO			
Freiland	5,7	13,6	7,1
Hagelnetz	5,5	13,3	6,6
Permanente Überdachung	5,5	11,8	4,9
Variable Überdachung	5,4	12,2	4,6

Nicht-zerstörungsfreie Analyse mit der Pimprenelle, n = 40 Früchte.

Tab. 19 Fruchtqualität der Sorte ‘Braeburn‘ zum Erntetermin im Herbst 2022.

Witterungsschutz	Festigkeit (kg cm^{-2})	Lösliche Trockensubstanz (°Brix)	Titrierbare Säuren (g l^{-1})
ÖKO			
Freiland	8,8	9,4	6,5
Hagelnetz	8,5	8,8	6,4
Permanente Überdachung	8,5	9,1	6,6
Variable Überdachung	8,6	9,1	6,3

Nicht-zerstörungsfreie Analyse mit der Pimprenelle, n = 40 Früchte.

4.2.4 Fruchtanalysen 2023

Auch 2023 wurden Fruchtanalysen zum Erntetermin durchgeführt (**Tab. 20-23**). Unter den Permanenten Foliendächern, bei den Sorten ‘Elstar‘ (IP) und ‘Red Jonaprince‘ (IP, ÖKO), wurde im dritten Jahr in Folge eine verringerte Fruchtfleischfestigkeit der Früchte festgestellt, außerdem erstmalig bei ‘Braeburn‘. Im Vergleich zur Freiland-Variante lag die Differenz der Festigkeitswerte zwischen 0,4 und 0,7 kg cm^{-2}. Wie bereits in den beiden Vorjahren wurden bei ‘Elstar‘ ebenfalls unter dem Variablen Dach (IP, ÖKO) Festigkeitsverluste registriert. Auch war der Anteil löslicher Trockensubstanz bei Früchten der Sorten ‘Elstar‘ (IP, ÖKO) und ‘Braeburn‘, die unter dem Permanenten Dach gewachsen waren reduziert. Auf der ÖKO-Fläche fielen die Festigkeitswerte, die lösliche Trockensubstanz der Früchte und die gemessenen Mengen titrierbarer Säuren bei ‘Fresco‘ im Freiland und unter dem Hagelnetz geringer aus, sehr wahrscheinlich bedingt durch die Unterschiede im Fruchtbehang der Varianten (Kapitel 4). Vergleichbar mit dem Vorjahr gingen dabei hohe Apfelerträge mit einem niedrigeren Anteil löslicher Trockensubstanz einher.

Tab. 20 Fruchtqualität der Sorte ‘Elstar‘ zum Erntetermin im Herbst 2023.

Witterungsschutz	Festigkeit (kg cm^{-2})	Lösliche Trockensubstanz (°Brix)	Titrierbare Säuren (g l^{-1})
IP			
Freiland	7,3	12,5	6,1
Hagelnetz	7,4	11,7	6,5
Permanente Überdachung	6,8	10,3	6,3
Variable Überdachung	7,0	11,8	5,9
ÖKO			
Freiland	6,9	9,8	5,2
Hagelnetz	6,6	10,0	5,0
Permanente Überdachung	6,5	9,1	4,6
Variable Überdachung	6,1	9,9	5,2

Nicht-zerstörungsfreie Analyse mit der Pimprenelle, n = 30 Früchte.

Tab. 21 Fruchtqualität der Sorte ‘Red Jonaprince‘ zum Erntetermin im Herbst 2023.

Witterungsschutz	Festigkeit (kg cm^{-2})	Lösliche Trockensubstanz (°Brix)	Titrierbare Säuren (g l^{-1})
IP			
Freiland	7,4	11,8	5,2
Hagelnetz	7,1	11,3	5,0
Permanente Überdachung	6,8	11,4	4,7
Variable Überdachung	7,4	12,0	5,0
ÖKO			
Freiland	6,9	11,0	4,9
Hagelnetz	7,1	11,6	5,2
Permanente Überdachung	6,5	10,9	4,6
Variable Überdachung	6,6	10,9	4,6

Nicht-zerstörungsfreie Analyse mit der Pimprenelle, n = 30 Früchte.

Tab. 22 Fruchtqualität der Sorte ‘Fresco‘ (1. Pflücke) zum Erntetermin im Herbst 2023.

Witterungsschutz	Festigkeit (kg cm^{-2})	Lösliche Trockensubstanz (°Brix)	Titrierbare Säuren (g l^{-1})
IP			
Freiland	5,7	14,4	5,2
Hagelnetz	5,8	14,0	4,7
Permanente Überdachung	5,9	14,3	4,6
Variable Überdachung	5,8	14,5	4,7
ÖKO			
Freiland	5,4	13,6	4,6
Hagelnetz	5,6	12,8	4,9
Permanente Überdachung	5,9	14,1	5,1
Variable Überdachung	5,8	14,0	5,0

Nicht-zerstörungsfreie Analyse mit der Pimprenelle, n = 30 Früchte.

Tab. 23 Fruchtqualität der Sorte ‘Braeburn‘ zum Erntetermin im Herbst 2023.

Witterungsschutz	Festigkeit (kg cm^{-2})	Lösliche Trockensubstanz (°Brix)	Titrierbare Säuren (g l^{-1})
ÖKO			
Freiland	8,8	9,8	9,8
Hagelnetz	8,6	9,3	9,3
Permanente Überdachung	8,2	8,8	8,8
Variable Überdachung	8,5	9,4	9,4

Nicht-zerstörungsfreie Analyse mit der Pimprenelle, n = 30 Früchte.

4.2.5 Fruchtanalysen 2024

Im abschließenden Projektjahr 2024 wurden abermals Fruchtanalysen zum Erntetermin durchgeführt (**Tab. 24-27**). Erneut wurden bei den Sorten ‘Elstar‘, ‘Fresco‘ und ‘Braeburn‘ und mit Einschränkungen ‘Red Jonaprince‘ unter den Foliendächern (IP, ÖKO) eine geringere Fruchtfleischfestigkeit registriert. Ebenfalls führten die Folienüberdachungen zu einem geringeren Anteil löslicher Trockensubstanz und titrierbarer Säuren. Die geringen Unterschiede zwischen den beiden Überdachungssystemen erklären sich mutmaßlich durch die nur geringen Öffnungszeiten des Variablen Dachs in diesem Jahr und lassen sich nicht durch die Ertragsunterschiede zwischen den Varianten erklären, da die Werte in vielen Fällen trotz geringerer Erträge niedriger lagen.

Tab. 24 Fruchtqualität der Sorte ‘Elstar‘ zum Erntetermin im Herbst 2024.

Witterungsschutz	Festigkeit (kg cm^{-2})	Lösliche Trockensubstanz (°Brix)	Titrierbare Säuren (g l^{-1})
IP			
Freiland	6,2	11,7	5,6
Permanente Überdachung	5,7	10,3	4,9
Variable Überdachung	5,9	10,9	4,5
ÖKO			
Freiland	6,1	11,2	6,3
Hagelnetz	6,3	11,5	5,9
Permanente Überdachung	6,0	10,3	5,4
Variable Überdachung	5,7	10,6	5,0

Nicht-zerstörungsfreie Analyse mit der Pimprenelle, n = 30 Früchte.

Tab. 25 Fruchtqualität der Sorte ‘Red Jonaprince‘ zum Erntetermin im Herbst 2024.

Witterungsschutz	Festigkeit (kg cm^{-2})	Lösliche Trockensubstanz (°Brix)	Titrierbare Säuren (g l^{-1})
IP			
Freiland	7,2	11,7	5,0
Permanente Überdachung	7,2	11,6	5,3
Variable Überdachung	6,9	11,0	5,4

Nicht-zerstörungsfreie Analyse mit der Pimprenelle, n = 30 Früchte.

Tab. 26 Fruchtqualität der Sorte ‘Fresco‘ zum Erntetermin im Herbst 2024.

Witterungsschutz	Festigkeit (kg cm^{-2})	Lösliche Trockensubstanz (°Brix)	Titrierbare Säuren (g l^{-1})
IP			
Freiland	6,1	14,8	6,6
Permanente Überdachung	5,6	12,9	4,8
Variable Überdachung	5,7	12,3	4,3

Nicht-zerstörungsfreie Analyse mit der Pimprenelle, n = 30 Früchte.

Tab. 27 Fruchtqualität der Sorte ‘Braeburn‘ zum Erntetermin im Herbst 2024.

Witterungsschutz	Festigkeit (kg cm^{-2})	Lösliche Trockensubstanz (°Brix)	Titrierbare Säuren (g l^{-1})
ÖKO			
Freiland	8,4	10,1	--[1]
Hagelnetz	8,0	10,0	--[1]
Permanente Überdachung	7,5	8,7	--[1]
Variable Überdachung	8,3	9,6	--[1]

Nicht-zerstörungsfreie Analyse mit der Pimprenelle, n = 30 Früchte.
[1]Säure-Gehalte konnten auf Grund technischer Schwierigkeiten nicht ermittelt werden.

4.3 Fruchtberostung am Erntetermin

Aufgrund der bekannten Anfälligkeit der Sorte ‘Fresco‘ wurde der Einfluss der Überdachung auf die Fruchtberostung der Früchte beider Erntetermine bestimmt (**Abb. 8**). Die Fruchtberostung wurde mit Hilfe eines Index (1 = *ohne Berostung*; 2 = *1-10 % der Fruchtoberfläche berostet*; 3 = *11-10 % der Fruchtoberfläche berostet*; 4 = *mehr als 30 % der Fruchtoberfläche berostet*.) ermittelt.

Abb. 8 Stark ausgeprägte Fruchtberostung wurde bei der Sorte ‘Fresco‘ in Übergangsbereichen zwischen Folienbahnen festgestellt (11.07.2023).

Im Jahr **2020** ergab die Auswertung der Früchte zu beiden Ernteterminen eine generell stärkere Berostung an Früchten der 2. Pflücke verglichen mit denen der 1. Pflücke (**Tab. 28**). Unabhängig vom Erntetermin waren Früchte aus der permanenten Überdachung jeweils am

geringsten berostet. Unter Ökologischen Bedingungen gewachsene Früchte zeigten im Freiland außerdem verglichen mit unter Hagelnetzen gewachsenen Früchten eine tendenziell stärkere Berostung. In Jahr **2021** waren die Früchte erheblich stärker berostet als im Vorjahr (Index > 3). Unterschiede zwischen den Ernteterminen konnten nicht ermittelt werden. Ökologisch produzierte Früchte waren noch einmal erheblich stärker berostet als integriert produzierte Früchte. Dagegen war die Berostung unter der permanenten Überdachung nicht gesteigert und war mit dem niedrigen Vorjahresniveau vergleichbar. Bedingt durch die späte Installation der variablen Überdachung, deutlich nach der berostungsempfindlichen Phase kurz nach der Blüte, war in 2021 keine berostungshemmende Wirkung dieser Überdachung zu erwarten. Die Auswertung der Früchte ergab eine ausgeprägte Fruchtberostung (Index ≥3) bei den Varianten Freiland und Hagelnetz (IP, ÖKO).

Tab. 28 Fruchtberostung der Sorte 'Fresco' an zwei Ernteterminen, 2020-2021.

	Berostungsindex[1]			
	2020		**2021**	
	1. Pflücke	**2. Pflücke**	**1. Pflücke**	**2. Pflücke**
IP				
Freiland	2,21	2,44	3,16	2,85
Hagelnetz	2,22	2,43	2,91	2,94
Permanente Überdachung	1,92	2,37	2	1,78
Variable Überdachung	--	--	3,04	3,07
ÖKO				
Freiland	2,21	2,74	3,39	3,42
Hagelnetz	2,09	2,55	3,4	3,61
Permanente Überdachung	1,96	2,31	1,85	1,74
Variable Überdachung	--	--	3,45	3,72

[1] Der Berostungsindex gibt die Stärke der Berostung der Früchte wieder (1 = ohne Berostung; 2 = 1-10 % der Fruchtoberfläche berostet; 3 = 11-30 % der Fruchtoberfläche berostet; 4 = mehr als 30 % der Fruchtoberfläche berostet.

Auch in **2022** waren die ökologisch produzierten Früchte erheblich stärker berostet als integriert produzierte Früchte. Unter den Foliendächern war die Berostung wie schon im Vorjahr (permanente Überdachung) auf einem niedrigen Niveau von 1 bis 10 %, während im Freiland und unter Hagelnetz Berostungsstärken zwischen 11 und 30 % der Fruchtoberfläche und z.T. darüber hinaus verzeichnet wurden. Demnach können Folienüberdachungen die äußere Fruchtqualität der Sorte 'Fresco' verbessern (**Tab. 29**).

2023 ergab die Auswertung der Berostungsbonitur, bei der Sorte 'Fresco', wie bereits in den Vorjahren eine ausgeprägte Fruchtberostung (Index ≥3) bei den Varianten Freiland (ÖKO) und Hagelnetz (ÖKO). Auch in diesem Versuchsjahr waren die ökologisch produzierten Früchte erheblich stärker berostet als integriert produzierte Früchte. Unter den Foliendächern war die Berostung (permanente Überdachung) auf einem niedrigen Niveau von 1 bis 10 %, während im Freiland und unter Hagelnetz Berostungsstärken zwischen 11 und 30 % der Fruchtoberfläche und z.T. darüber hinaus verzeichnet wurden. Auf der IP-Fläche waren die Unterschiede in der

Berostung zwischen den Varianten ebenfalls sichtbar, allerdings im geringeren Maße, denn auch die Früchte, die im Freiland und unter dem Hagelnetz produziert wurden, wiesen ein eher geringes Berostungsniveau auf (Tab. 29). Doch auch dieses Projektjahr konnte zeigen, dass Folienüberdachungen die äußere Fruchtqualität der Sorte ‘Fresco‘ verbessern kann.

Im letzten Projektjahr **2024** wurde die Berostungsbonitur bei der Sorte ‘Fresco‘ auf der IP-Fläche wiederholt. Auch diesmal wurde eine ausgeprägte Fruchtberostung (Index ≥3) bei der Freiland-Variante festgestellt. Unter den Foliendächern war die Berostung auf einem niedrigen Niveau von 1 bis 10 %, während im Freiland Berostungsstärken zwischen 11 und 30 % der Fruchtoberfläche und z.T. darüber hinaus verzeichnet wurden (Tab. 29).

Tab. 29 Fruchtberostung der Sorte ‘Fresco‘ zum Erntetermin, 2022-2024.

Witterungsschutz	**Berostungsindex[1] 1. Pflücke**		
	2022	**2023**	**2024**
IP			
Freiland	3,01	2,4	3,3
Hagelnetz	2,87	2,8	--
Permanente Überdachung	2,04	1,7	2,7
Variable Überdachung	2,06	2	2,1
ÖKO			
Freiland	3,3	3,5	
Hagelnetz	3,54	3,4	
Permanente Überdachung	1,89	2,8	
Variable Überdachung	2,15	2,8	

[1] Der Berostungsindex gibt die Stärke der Berostung der Früchte wieder (1 = ohne Berostung; 2 = 1-10 % der Fruchtoberfläche berostet; 3 = 11-30 % der Fruchtoberfläche berostet; 4 = mehr als 30 % der Fruchtoberfläche berostet.

5. Schaderregerbefall

Die Bestimmung des Schaderregerbefalls wurde an verschiedenen Apfelsorten durchgeführt. Schorf- und Mehltaubefall, hervorgerufen durch *Venturia inaequalis* bzw. *Podosphaera leucotricha* wurde vorranging an den Sorten ‘Red Jonaprince‘ und ‘Fresco‘ bewertet. Hinzu kam in der ökologischen Produktion die Sorte ‘Braeburn‘ und in der integrierten Produktion die Sorte ‘Nicoter‘. Befall mit Lagerfäuleerregern wurde vorrangig an den Sorten ‘Fresco’ und ‘Elstar‘ ermittelt. An allen untersuchten Sorten wurden darüber hinaus weitere auftretende Krankheiten bonitiert. Beispielsweise wurde an der Sorte ‘Nicoter‘ auch der Einfluss der verschiedenen Überdachungen auf den Obstbaumkrebsbefall (*Neonectria ditissima*) der Bäume untersucht.

5.1 Schorf- und Mehltaubefall an Blättern

Der Einfluss der verschiedenen Witterungsschutzeinrichtungen auf den Schorf- und Mehltaubefall wurde in jedem Jahr zunächst am Blattbefall eingeschätzt. Die entsprechenden Blattproben wurden dabei in Abhängigkeit von relevanten Infektionsterminen zu verschiedenen Zeitpunkten des Jahres genommen.

5.1.1 Schorf- und Mehltaubefall an Langtrieben in 2020

Je Witterungsschutzsystem wurde an allen Blättern (bis zu 20 Stück) von 20 Langtrieben der Schorf- und Mehltaubefall bestimmt. Dabei stammten jeweils 10 Triebe von der Nord- und 10 Triebe von der Südseite von Bäumen der Sorten ‘Red Jonaprince‘ und ‘Fresco‘. Die Bonituren erfolgten in Flächen mit integrierter wie auch ökologischer Produktion (**Tab. 30-31**). In allen Varianten ließ sich nur ein sehr geringer Schorfbefall feststellen und auch zwischen den verschiedenen Witterungsschutzeinrichtungen ergaben sich keine wesentlichen Unterschiede. In den unter ÖKO-Bedingungen produzierten ‘Red Jonaprince‘ führte die Permanente Überdachung in der Tendenz zu einem leicht reduzierten Schorfbefall (Tab. 31).

Tab. 30 Schorfbefall an Langtrieben der Sorten ‘Red Jonaprince‘ am 02. Juni und ‘Fresco‘ am 18. Juni 2020.

Witterungsschutz	**‘Red Jonaprince‘**		**‘Fresco‘**	
	Befall (%)	**Befall (Index[1])**	**Befall (%)**	**Befall (Index[1])**
IP				
Freiland	0	1,00	0	1,00
Hagelnetz	0	1,00	0	1,00
Permanente Überdachung	1,2	1,01	0,6	1,01
ÖKO				
Freiland	2,6	1,03	0,9	1,01
Hagelnetz	2,3	1,03	0	1,00
Permanente Überdachung	0	1,00	0	1,00

n = 20 Langtriebe. [1] Der Befallsindex gibt die Befallsstärke der Blätter wieder (1 = kein Schorfleck; 2 = 1 Schorffleck auf dem Blatt; 3 = 2-3 Schorfflecken auf dem Blatt; 4 = mehr als 3 Schorfflecken je Blatt.

Tab. 31 Mehltaubefall an Langtrieben der Sorten ‘Red Jonaprince‘ am 02. Juni und ‘Fresco‘ am 18. Juni 2020.

Witterungsschutz	‘Red Jonaprince‘		‘Fresco‘	
	Befall (%)	Befall (Index[1])	Befall (%)	Befall (Index[1])
IP				
Freiland	12,6	1,13	19,6	1,20
Hagelnetz	17,0	1,17	28,5	1,28
Permanente Überdachung	37,4	1,42	43,8	1,44
ÖKO				
Freiland	6,8	1,07	6,6	1,07
Hagelnetz	3,0	1,03	13,7	1,14
Permanente Überdachung	31,4	1,31	16,8	1,17

n = 20 Langtriebe. [1] Der Befallsindex gibt die Befallsstärke der Blätter wieder (1 = kein Mehltaubefall; 2 = einzelne Mehltauinfektionen auf dem Blatt; 3 = bis 50 % der Blattoberfläche mit Mehltaumyzel überzogen; 4 = mehr als 50 % der Blattoberfläche mit Mehltaumyzel überzogen.

In Bezug auf den Mehltaubefall zeigte sich ein umgekehrtes Bild. Der Befall war insbesondere unter dem permanenten Dach z.T. deutlich erhöht. Zusätzlich ergab sich eine Tendenz erhöhten Mehltaubefalls unter dem Hagelnetz im Vergleich zum Freiland (Tab. 31). Eine Ausnahme bildete hier wiederum ‘Red Jonaprince‘ in der ÖKO-Variante.

5.1.2 Mehltauprimärbefall an Triebspitzen in 2021

Der im Jahr 2020 festgestellt erhöhte Mehltaubefall unter der Permanenten Überdachung warf die Frage auf, inwieweit auch Primärinfektionen, das heißt Infektionen der Triebspitzen im Sommer, die sich als mehltauinfizierte Triebspitzen im Folgejahr äußern, beeinflusst werden. Von Anfang Mai bis Mitte Juli wurden im etwa zweiwöchigen Rhythmus die befallenen Triebe durch Schnitt entfernt und gezählt. Ähnlich wie schon in der Langtriebauswertung des Vorjahres sichtbar, führte die Permanente Überdachung zu einem deutlich gesteigerten Anteil Primärinfektionen (**Tab. 32**). Einschränkend muss aber berücksichtigt werden, dass nach der Errichtung des Permanenten Daches im Frühjahr 2020 keine Fungizidmaßnahmen unter dem Dach stattgefunden hatten, wodurch es sicherlich zu einer Förderung des Befalls kam. In ähnlicher Weise spiegelte sich im Primärbefall der stärkere Blattbefall in der ÖKO-Fläche im Jahr 2020 wider.

Tab. 32 Mehltauprimärbefall an Triebspitzen im Frühjahr / Sommer 2021 an diversen Sorten.

Witterungsschutz	Primärinfektionen Baum^{-1}			
	'Elstar'	**'Red Jonaprince'[1]**	**'Fresco'**	**'Nicoter'[2]**
IP				
Freiland	1,3	2,3	3,1	3,1
Hagelnetz	1,8	4,0	3,7	0,2
Permanente Überdachung	4,4	5,3	11,0	7,2
ÖKO				
Freiland	0,6	0,3 / 0,4	0,4	--
Hagelnetz	0	0 / 0,2	0,1	--
Permanente Überdachung	3,4	4,8 / 1,7	3,8	--

n = 10 Bäume. [1] In der ÖKO-Versuchsanlage standen zwei Reihen 'Red Jonaprince' zur Verfügung, die unabhängig voneinander ausgewertet wurden. [2] Bäume der Sorte 'Nicoter' befanden sich ausschließlich in der IP-Versuchsanlage.

5.1.3 Schorf- und Mehltaubefall an Langtrieben in 2021

Eine Auswertung des Schorf- und Mehltaubefalls an den Blättern der Langtriebe wurde in 2021 nur an der Sorte 'Red Jonaprince' durchgeführt. Ausgewertet wurden alle Blätter (bis zu 18 Stück) von 20 Langtrieben, jeweils 10 von der Nord- und Südseite der Bäume. Bedingt durch die im Frühjahr / Sommer weiterhin nicht verfügbare Variable Überdachung der Versuchsanlage wurde auf weitergehende Auswertungen zunächst verzichtet. Wie schon im Vorjahr zeigte sich eine Förderung des Mehltaubefalls unter der Permanenten Überdachung. Dagegen konnte der zumindest in der ÖKO-Fläche auftretende Blattschorfbefall vollständig reduziert werden obgleich keine Pflanzenschutzmittel spezifisch zur Schorfbekämpfung eingesetzt worden waren (**Tab. 33**).

Tab. 33 Schorf- und Mehltaubefall an Langtrieben der Sorte 'Red Jonaprince' am 14. Juni 2021.

Witterungsschutz	Schorf		Mehltau	
	Befall (%)	**Befall (Index[1])**	**Befall (%)**	**Befall (Index[1])**
IP				
Freiland	0	1,00	15,5	1,16
Hagelnetz	0,3	1,00	16,1	1,16
Permanente Überdachung	0	1,00	36,1	1,38
ÖKO				
Freiland	16,0	1,34	3,8	1,04
Hagelnetz	8,9	1,17	5,2	1,05
Permanente Überdachung	0	1,00	43,0	1,49

n = 20 Langtriebe. [1] Der Befallsindex gibt die Befallsstärke der Blätter wieder (1 = kein Schorffleck / kein Mehltaubefall; 2 = 1 Schorffleck auf dem Blatt / einzelne Mehltauinfektionen auf dem Blatt; 3 = 2-3 Schorfflecken auf dem Blatt / bis 50 % der Blattoberfläche mit Mehltaumyzel überzogen; 4 = mehr als 3 Schorfflecken je Blatt / mehr als 50 % der Blattoberfläche mit Mehltaumyzel überzogen.

5.1.4 Mehltauprimärbefall an Triebspitzen in 2022

In 2022 wurde die Bonitur des Mehltauprimärbefalls gegenüber dem Vorjahr noch einmal ausgeweitet. Die Sorten ‘Braeburn‘ (ÖKO) und ‘GS 66‘ (IP) wurden zusätzlich in die Bewertung aufgenommen, da sie sich im Vorjahr als zum Teil erheblich mehltauanfällig herausgestellt hatten. Zusätzlich konnte erstmalig die Variable Überdachung in die Auswertung mit einbezogen werden (**Tab. 34**). Es muss aber berücksichtigt werden, dass die Primärinfektionen im Vorjahr vorrangig zum Triebabschluss, und damit vor Errichtung des variablen Daches, entstanden sein müssen. Die Schnittmaßnahmen fanden in 2022 nur zweimalig, Anfang und Ende Mai, statt. Da Apfelmehltau durch ein trockenwarmes Mikroklima bei gleichzeitig hoher Luftfeuchtigkeit begünstigt wird kam es trotz der Mehltaubehandlungen (Tab. 1, Tab. 2) unter der Permanenten Überdachung zu mehreren Mehltauprimärinfektionen an Triebspitzen. Dies deckt sich mit den Erfahrungen aus dem Vorjahr sowie mit den Ergebnissen aus der Schweiz zu Regenfolienüberdachungen im Apfelanbau (Sullmann, 2022). Der Befallsdruck durch Apfelmehltau war sowohl auf der IP-Fläche als auch auf der ÖKO-Fläche um den Faktor 2 bis 4 höher als in der Freiland-Variante. Auf der ÖKO-Fläche fiel der Mehltauprimärbefall insgesamt geringer aus. Auffällig war der hohe Befallsdruck bei der Sorte ‘Red Jonaprince‘ (ÖKO). Bei der mehltauanfälligen Sorte ‘GS66‘ war der Mehltaubefall elfmal höher als im Freiland (IP). Dieses Ergebnis legt den Schluss nah, dass mehltauanfällige Sorten wie ‘GS66‘ unter der Permanenten Überdachung nur in Kombination mit intensivem Fungizideinsatz gegen Mehltau produziert werden können. Sowohl in der IP- als auch in der ÖKO-Anlage fiel der Mehltaubefall überwiegend gering bis leicht erhöht bzw. ähnlich der Varianten Freiland und Hagelnetz aus. Einzig bei der Sorte ‘Elstar‘ (IP) wurde unter der Variablen Überdachung ein mittelstarker Mehltaubefall festgestellt. Weitere Daten sind nötig, um das Mehltauauftreten unter der Variablen Überdachung bewerten zu können.

Tab. 34 Mehltauprimärbefall an Triebspitzen im Frühjahr 2022 an diversen Sorten.

Witterungsschutz	Primärinfektionen Baum^{-1}					
	‘Elstar‘	‘Red Jonaprince‘[1]	‘Fresco‘	‘Nicoter‘[2]	‘Braeburn‘[3]	‘GS 66‘[2]
IP						
Freiland	0,7	0,6	0,2	0,1	--	0,9
Hagelnetz	1,1	0,9	0,8	0,1	--	0,6
Permanente Überdachung	3,4	4,0	4,1	2,3	--	12,1
Variable Überdachung	2,7	0,7	0,9	0	--	0,6
ÖKO						
Freiland	0	0,1 / 0,1	0,8	--	0	--
Hagelnetz	0	0 / 0	0	--	0	--
Permanente Überdachung	2,8	14,2 / 5,5	1,0	--	4,0	--
Variable Überdachung	0,1	0,2 / 0,2	0	--	0,2	--

n = 10 Bäume. [1] In der ÖKO-Versuchsanlage standen zwei Reihen ‘Red Jonaprince‘ zur Verfügung, die unabhängig voneinander ausgewertet wurden. [2] Bäume der Sorten ‘Nicoter‘ und ‘GS 66‘ befanden sich ausschließlich in der IP-Versuchsanlage. [3] Bäume der Sorte ‘Braeburn‘ befanden sich ausschließlich in der ÖKO-Versuchsanlage.

5.1.5 Schorfbefall an Blütenbüscheln in 2022

Die Schorfbonitur an Blütenbüscheln wurde im Frühjahr 2022 an den Sorten ‘Red Jonaprince‘ und ‘Fresco‘ durchgeführt. Je Witterungsschutzvariante und Anbaurichtung wurden alle Blätter (max. 9) von 40 Blütenbüscheln (jeweils 20 von der nördlichen und südlichen Baumseite) bonitiert. Im Vergleich zum Vorjahr wurde nur ein geringer Schorfbefall festgestellt, gleichzeitig waren aber nur wenige Varianten komplett schorffrei (**Tab. 35**). Bei beiden untersuchten Sorten hatte die Verwendung einer permanenten Überdachung einen zu Freilandbedingungen vergleichbaren Schorfbefall zur Folge, obgleich keine spezifischen Schorffungizide eingesetzt worden waren. Erstmalig ließ sich auch der Einfluss der Variablen Überdachung auf den Schorfbefall erheben. Die Variable Überdachung führte in beiden untersuchten Sorten zu einer massiven Steigerung des Schorfbefalls an den Blütenbüscheln im Vergleich zu allen anderen Varianten. Insbesondere unter ökologischen Produktionsbedingungen wurde ein im Vergleich zur Freiland-Variante um 10 % (‘Fresco‘) bis 22 % (‘Red Jonaprince‘) höherer Schorfbefall verzeichnet, welcher u.a. auf den standortbedingten Schorfdruck in den umliegenden ÖKO-Anlagen zurückgeführt werden konnte. Zu einem späteren Zeitpunkt wurden in der Variablen Überdachung sehr große Unterschiede zwischen einzelnen Bäumen festgestellt und es scheint plausibel, dass dafür die Lücken an den Übergängen zwischen den Folienbahnen verantwortlich waren.

Tab. 35 Schorfbefall an Blütenbüscheln der Sorten ‘Red Jonaprince‘ am 06. Mai und ‘Fresco‘ am 20. Mai 2022.

Witterungsschutz	‘Red Jonaprince‘		‘Fresco‘	
	Befall (%)	Befall (Index[1])	Befall (%)	Befall (Index[1])
IP				
Freiland	0	1,00	0,4	1,00
Hagelnetz	0	1,00	0,4	1,00
Permanente Überdachung	0	1,00	1,2	1,01
Variable Überdachung	1,7	1,02	2,7	1,03
ÖKO				
Freiland	2,9	1,03	0,9	1,01
Hagelnetz	1,3	1,01	1,3	1,01
Permanente Überdachung	2,0	1,02	0	1,00
Variable Überdachung	24,8	1,33	10,6	1,11

n = 40 Blütenbüschel. [1] Der Befallsindex gibt die Befallsstärke der Blätter wieder (1 = kein Schorffleck; 2 = 1 Schorffleck auf dem Blatt; 3 = 2-3 Schorfflecken auf dem Blatt; 4 = mehr als 3 Schorfflecken je Blatt.

5.1.6 Mehltauprimärbefall an Triebspitzen in 2023

In 2023 wurde die Bonitur des Mehltauprimärbefalls im selben Umfang wie im Vorjahr durchgeführt und die gesammelten Erkenntnisse weitestgehend bestätigen. Auf der IP-Fläche wurde in den Varianten Freiland und Hagelnetz nahezu kein Mehltaubefall festgestellt, während der Befall unter den Permanenten Foliendächern zwischen 2 und 17 % lag (**Tab. 36**). Auf der ÖKO-Fläche fiel der Mehltauprimärbefall, mit Ausnahme der Sorte ‘Red Jonaprince‘, insgesamt geringer aus als auf der IP-Fläche. Während in den Varianten Freiland und Hagelnetz keine Mehltauprimärinfektionen festgestellt wurden, lagen der Befall unter den Permanenten Foliendächern zwischen 2 und 15 %. Die Nachteile der Permanenten Folienüberdachung, bezüglich der Förderung der Entwicklung und Verbreitung von Apfelmehltau durch ein günstiges Mikroklima, konnten durch das Öffnen und Schließen der Variablen Überdachungen weitestgehend ausgeglichen werden. Dennoch war der Befall im Vergleich zur Freiland-Variante um den Faktor 0,3 bis 5 höher.

Tab. 36 Mehltauprimärbefall an Triebspitzen im Frühjahr 2023 an diversen Sorten.

Witterungsschutz	Primärinfektionen Baum^{-1}					
	‘Elstar‘	‘Red Jonaprince‘[1]	‘Fresco‘	‘Nicoter‘[2]	‘Braeburn‘[3]	‘GS 66‘[2]
IP						
Freiland	0,1	0,0	0,0	0,0	--	0,2
Hagelnetz	0,1	0,2	0,0	0,0	--	0,0
Permanente Überdachung	17,1	6,6	5,8	1,92	--	5,8
Variable Überdachung	5,1	5,1	3,0	0,58	--	2,8
ÖKO						
Freiland	0,0	0,0 / 0,0	0,0	--	0,0	--
Hagelnetz	0,0	0,0 / 0,0	0,0	--	0,0	--
Permanente Überdachung	5,4	15,4 / 3,0	2,3	--	5,8	--
Variable Überdachung	1,1	5,0 / 0,3	0,3	--	3,7	--

n = 10 Bäume. [1] In der ÖKO-Versuchsanlage standen zwei Reihen ‘Red Jonaprince‘ zur Verfügung, die unabhängig voneinander ausgewertet wurden. [2] Bäume der Sorten ‘Nicoter‘ und ‘GS 66‘ befanden sich ausschließlich in der IP-Versuchsanlage. [3] Bäume der Sorte ‘Braeburn‘ befanden sich ausschließlich in der ÖKO-Versuchsanlage.

5.1.7 Schorf- und Mehltaubefall an Langtrieben in 2023

Eine Auswertung des Schorf- und Mehltaubefalls an den Blättern der Langtriebe wurde in 2023 an verschiedenen Sorten durchgeführt, von denen die Ergebnisse der Sorten ‘Nicoter‘ (IP) und ‘Red Jonaprince‘ (ÖKO) hier vorgestellt werden. Ausgewertet wurden alle Blätter (bis zu 18 Stück) von 20 Langtrieben, jeweils 10 von der Nord- und Südseite der Bäume.

Der Blattschorfbefall war generell gering (**Tab. 37-38**). Die Verwendung der Permanenten und Variablen Überdachung konnte bei ‘Nicoter‘ und bei ‘Red Jonaprince‘ den Schorfbefall verhindern. Lediglich unter den Variablen Foliendächern auf der ÖKO-Fläche kam es zu einem Schorfbefall von rund 6 %. Die Kehrseite in der Verhütung von Schorfbefall machte sich in diesem Jahr ebenfalls eindrücklich bemerkbar. Wie schon im Vorjahr und bei der Bonitur der Mehltauprimärinfektionen zeigte sich eine Förderung des Mehltaubefalls unter der Permanenten Überdachung, aber auch unter der Variablen Überdachung, insbesondere auf der ÖKO-Fläche (Tab. 37-38). Der Mehltaubefall betrug unter den Foliendächern der IP-Anlage 15 % und 20 %, die Freiland-Variante blieb nahezu befallsfrei. Auf der ÖKO-Fläche wurde ein massiver Mehltaubefall registriert. Im Freiland betrug der Befall rund 10 %. Unter den Foliendächern waren sogar 46 % bzw. 58 % der Blätter durch Mehltau befallen.

Tab. 37 Schorf- und Mehltaubefall an Langtrieben der Sorte ‘Nicoter‘ am 08. Juni 2023.

Witterungsschutz	Schorf		Mehltau	
	Befall (%)	Befall (Index[1])	Befall (%)	Befall (Index[1])
IP				
Freiland	0,0	1,00	1,4	2,01
Hagelnetz	0,3	1,00	2,6	2,03
Permanente Überdachung	0,7	1,01	20,5	2,20
Variable Überdachung	0,0	1,00	14,5	2,15

n = 20 Langtriebe. [1] Der Befallsindex gibt die Befallsstärke der Blätter wieder (1 = kein Schorffleck / kein Mehltaubefall; 2 = 1 Schorffleck auf dem Blatt / einzelne Mehltauinfektionen auf dem Blatt; 3 = 2-3 Schorfflecken auf dem Blatt / bis 50 % der Blattoberfläche mit Mehltaumyzel überzogen; 4 = mehr als 3 Schorfflecken je Blatt / mehr als 50 % der Blattoberfläche mit Mehltaumyzel überzogen.

Tab. 38 Schorf- und Mehltaubefall an Langtrieben der Sorte ‘Red Jonaprince‘ am 08. Juni 2023.

Witterungsschutz	Schorf		Mehltau	
	Befall (%)	Befall (Index[1])	Befall (%)	Befall (Index[1])
ÖKO				
Freiland	1,0	1,01	9,8	2,10
Hagelnetz	0,0	1,00	6,2	2,06
Permanente Überdachung	0,7	1,01	58,4	2,63
Variable Überdachung	5,7	1,07	45,7	2,46

5.1.8 Schorf- und Mehltaubefall an Langtrieben in 2024

Im letzten Projektjahr konnte an den schorfanfälligen Sorten ‘Braeburn‘ und ‘Nicoter‘ erneut gezeigt werden, dass die Verwendung von permanenten und variablen Überdachungen einen besseren oder zumindest gleichwertigen Schutz vor Schorfbefall bieten konnte wie der Einsatz von Schorffungiziden in der Freiland- und Hagelnetz-Variante (**Tab. 39-40**). Allerdings war der Befall durch Mehltau, wie bereits in den Vorjahren, in beiden Überdachungsvarianten erhöht. Unter dem Permanenten Foliendach dreimal höher und unter dem Variablen Foliendach etwa doppelt so hoch wie in der Freiland-Variante. Die **Abb. 9** zeigt den starken Primärbefall durch Mehltau an der Sorte ‘Braeburn‘ unter dem Permanenten Foliendach.

Tab. 39 Schorf- und Mehltaubefall an Langtrieben der Sorte ‘Braeburn‘ am 23. Mai 2024.

Witterungsschutz	Schorf		Mehltau	
	Befall (%)	Befall (Index[1])	Befall (%)	Befall (Index[1])
ÖKO				
Freiland	4,7	1,08	16,5	2,18
Hagelnetz	5,2	1,09	6,5	2,06
Permanente Überdachung	0,0	1,00	51,3	2,55
Variable Überdachung	5,4	1,08	36,4	2,40

n = 20 Langtriebe. [1] Der Befallsindex gibt die Befallsstärke der Blätter wieder (1 = kein Schorffleck / kein Mehltaubefall; 2 = 1 Schorffleck auf dem Blatt / einzelne Mehltauinfektionen auf dem Blatt; 3 = 2-3 Schorfflecken auf dem Blatt / bis 50 % der Blattoberfläche mit Mehltaumyzel überzogen; 4 = mehr als 3 Schorfflecken je Blatt / mehr als 50 % der Blattoberfläche mit Mehltaumyzel überzogen.

Tab. 40 Schorf- und Mehltaubefall an Langtrieben der Sorte ‘Nicoter‘ am 23. Mai 2024.

Witterungsschutz	Schorf		Mehltau	
	Befall (%)	Befall (Index[1])	Befall (%)	Befall (Index[1])
IP				
Freiland	0,0	1,00	3,8	2,04
Permanente Überdachung	0,0	1,00	18,4	2,18
Variable Überdachung	0,0	1,00	11,0	2,11

n = 20 Langtriebe. [1] Der Befallsindex gibt die Befallsstärke der Blätter wieder (1 = kein Schorffleck / kein Mehltaubefall; 2 = 1 Schorffleck auf dem Blatt / einzelne Mehltauinfektionen auf dem Blatt; 3 = 2-3 Schorfflecken auf dem Blatt / bis 50 % der Blattoberfläche mit Mehltaumyzel überzogen; 4 = mehr als 3 Schorfflecken je Blatt / mehr als 50 % der Blattoberfläche mit Mehltaumyzel überzogen.

Abb. 9 Mehltaubefall an der Sorte ‘Braeburn‘ unter dem permanenten Foliendach in der ÖKO-Anlage, 30.05.2024.

5.1.9 Blutlausbefall in 2024

Nachdem es im Jahr 2023 unter den Folienüberdachungen zu z.T. massiven Befallsauftreten von Blutläusen (*Eriosoma lanigerum* Hausm.) am Holz und an Langtrieben gekommen war (**Abb. 10**), wurde im letzten Projektjahr eine Blutlausbonitur durchgeführt. Untersucht wurde das Auftreten der Blutlaus an den Sorten ‘Nicoter‘ (IP), ‘Red Jonaprince‘ (IP), ‘Elstar‘ (IP, ÖKO) und ‘Braeburn‘ (ÖKO). Der Befall der Bäume durch die Blutlaus wurde mit Hilfe von Boniturnoten [1-5] am 04.07.2024 pro Variante, in zwei Versuchsparzellen, jeweils für die Nord- und Südseite bewertet. Da keine Befallsunterschiede zwischen der Nord- und Südseite erkennbar waren, wurden die Boniturergebnisse gemittelt und zusammengefasst dargestellt (**Abb. 11-12**).

Nach dem Ende der Blüte herrschte eine milde bis warme Witterung bei Maximaltemperaturen um 25 °C vor. Die Blutlaus (*Eriosoma lanigerum*) war nach der Blüte, Anfang Mai an den Blattachseln der wachsenden Langtriebe zu finden. Der Befall war unter **ökologischen Produktionsbedingungen**, insbesondere bei der Sorte ‘Braeburn‘ und generell unter den Foliendächern so drastisch, dass Bestäuberbäume unter dem Blutlausbefall zugrunde gingen. Bei der Sorte ‘Braeburn‘ wiesen 85 % der erfassten Bäume in der Freiland-Variante Befallsstellen auf, unter dem Hagelschutznetz waren es sogar 90 % der Bäume. Unter der Permanenten und der Variablen Folienüberdachung waren alle Bäume von Blutläusen befallen. Unter dem Permanenten Foliendach war jeder vierte Baum durch einzelne oder auch schon

zusammenlaufende, große Blutlauskolonien besiedelt. Bei den restlichen 50 % der Bäume war der gesamte untere Kronenbereich von Blutläusen befallen (Abb 11). Unter den Variablen Foliendächern waren 68 % der Bäume von einzelnen Befallsstellen und mehr als ein Drittel der Bäume von großen, zusammenlaufenden Blutlauskolonien besiedelt. Bei der Sorte ‘Elstar‘ ergab sich ein ähnliches Bild: unter den Variablen und Permanenten Foliendächern waren alle erfassten Bäume von einzelnen Blutlauskolonien besiedelt. Unter dem Permanenten Foliendach liefen diese Befallsstellen bei rund 40 % der Bäume zu großen Befallsherden zusammen.

Abb. 10 Massiver Blutlausbefall an ‘Braeburn‘ unter Permanenter Folienüberdachung, auf der ÖKO-Fläche, (13.06.2024).

Unter **integrierten Produktionsbedingungen** war das Auftreten der Blutlaus gering (Abb. 12). Nur die Sorte ‘Red Jonaprince‘ erwies sich als anfällig. Im Freiland waren 13 % der Bäume gering befallen (<10 Stellen). Unter dem Permanenten Foliendach waren 78 % der erfassten Bäume gering bis mäßig stark befallen. An rund 38 % der Bäume wurden mehr als 10 Befallsstellen oder zusammenlaufende Blutlauskolonien festgestellt. Unter dem Variablen Foliendach wurden an jedem Baum Blutlauskolonien gefunden. Bei der Sorte ‘Elstar‘ wurden nur an etwa jedem fünften Baum einzelne Blutlauskolonien festgestellt. Die Sorte ‘Nicoter‘ zeigte keinen Blutlausbefall.

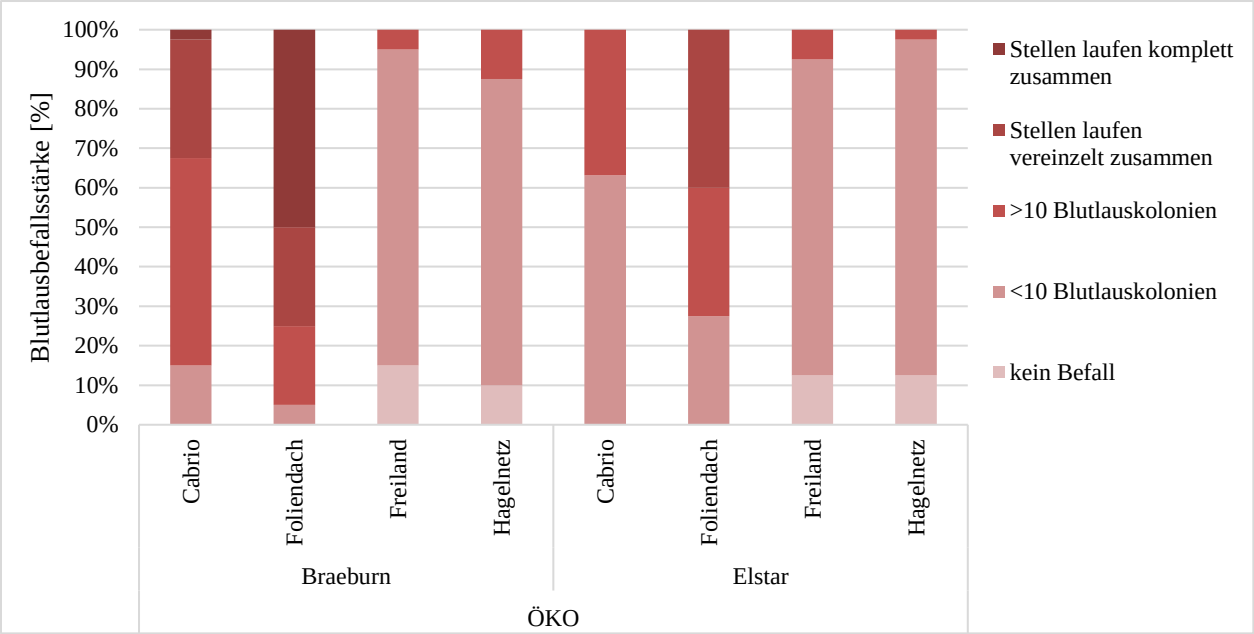

Abb. 11 Auftreten von Blutläusen (*Eriosoma lanigerum* Hausm.) an den Apfelsorten ‘Braeburn‘ und ‘Elstar‘, unter ökologischen Produktionsbedingungen, im Freiland, unter Hagelnetz, unter Variablen (Cabrio) und Permanenten Foliendächern, am 04.07.2024, n=13-20.

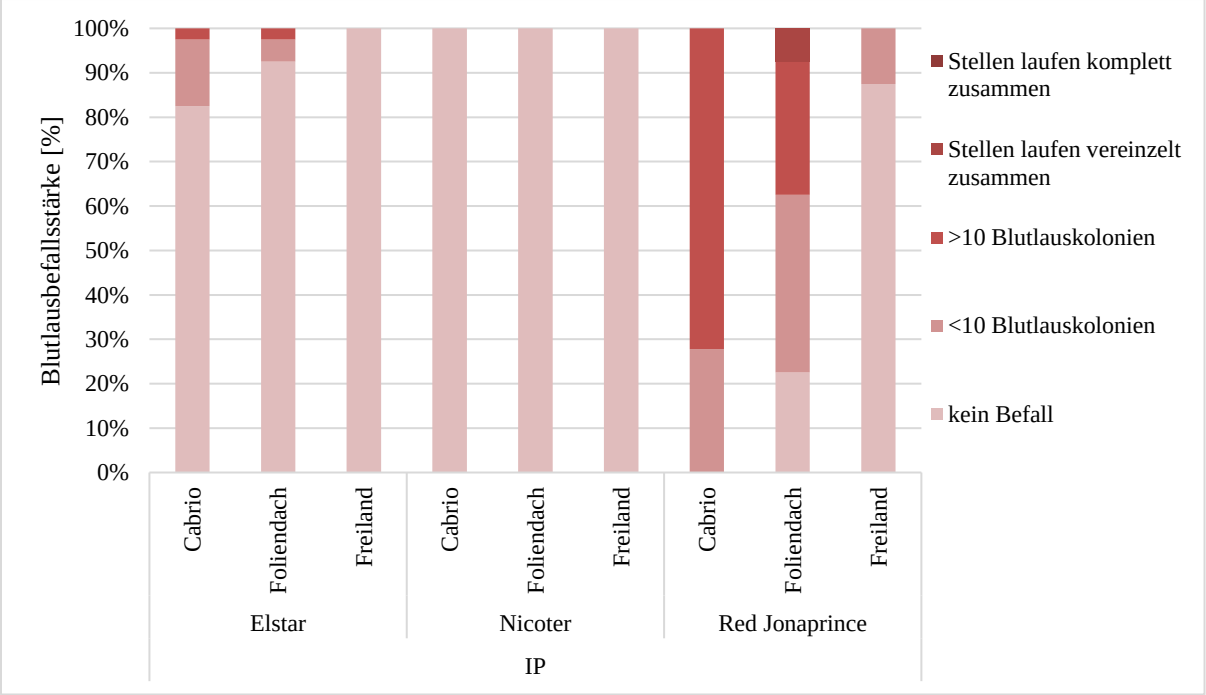

Abb. 12 Auftreten von Blutläusen (*Eriosoma lanigerum* Hausm.) an den Apfelsorten ‘Elstar‘, ‘Nicoter‘ und ‘Red Jonaprince‘ unter integrierten Produktionsbedingungen, im Freiland, unter Hagelnetz, unter Variablen (Cabrio) und Permanenten Foliendächern, am 04.07.2024, n=13-20.

Ab Ende Juli konnte beobachtet werden, dass nach einem starken Befallsdruck, die Blutlauspopulationen einbrachen. Durch auftretende Nützlinge wurde der Befall zurückgedrängt. Ende Mai erschienen unter dem Dach und kurz darauf im Freiland die ersten adulten Blutlauszehrwespen (Hahn & Weber, 2025). Ein ausgeprägter Massenschlupf zwei

Generationen später, Ende Juli, erhöhte die Zehrwespenpopulation so stark, dass der Blutlausbefall deutlich zurückgedrängt wurde. Im Saisonverlauf unterstützen Marienkäfer und Schwebfliegenlarven bei der Blutlausbekämpfung.

Grundsätzlich zeigen solche Versuche wie dramatisch sich eine Kleinklimaveränderung auf Schädlingspopulationen auswirken kann. Dieser Effekt von Kulturschutzdächern auf das Kleinklima ist bereits vom Bodensee bekannt (Buchleither & Arnegger, 2021; Schluchter et al., 2022). Bevor kostenträchtige Investitionen in Überdachungssysteme getätigt werden, müssen die Auswirkungen bekannt und entsprechende Anpassungen bei der Kulturführung, wie z.B. die Pflanzung blutlausresistenter Bestäubersorten, unternommen werden.

5.2 Fruchtschorf

5.2.1 Fruchtschorf zur Ernte 2020

Der Primärschorfbefall der Früchte wurde im Anschluss an die Ernte ermittelt. Da Früchte der IP-Variante frei von Befall waren, wurde die Bestimmung nur an Früchten aus der ÖKO-Variante durchgeführt. Trotz intensiver Behandlung mit für den ökologischen Obstbau zugelassenen Fungiziden lag der Fruchtschorfbefall zur Ernte zwischen 14 und 20 % (**Tab. 41**). Zwischen dem Freiland und dem Hagelnetz gab es keine signifikanten Unterschiede. Im Gegensatz dazu waren die Früchte, die unter der Permanenten Überdachung gewachsen waren, bis auf eine einzige Frucht, frei von Schorfbefall, obwohl ab Anfang April keine Fungizide mehr zum Einsatz gekommen waren.

Tab. 41 Primärschorfbefall an Früchten der Sorten ‘Red Jonaprince‘ und ‘Fresco‘ zum Erntetermin 2020.

Witterungsschutz	**‘Red Jonaprince‘**		**‘Fresco‘ (1. Pflücke)**		**‘Fresco‘ (2. Pflücke)**	
	Befall (%)	**Befall (Index[1])**	**Befall (%)**	**Befall (Index[1])**	**Befall (%)**	**Befall (Index[1])**
ÖKO						
Freiland	14,3	1,27	13,8	1,28	20,3	1,37
Hagelnetz	18,4	1,39	12,2	1,20	13,5	1,24
Permanente Überdachung	0,3	1,01	0	1,00	0	1,00

[1] Der Befallsindex gibt die Befallsstärke der Früchte wieder (1 = kein Schorfleck; 2 = 1 Schorffleck auf der Frucht; 3 = 2-3 Schorfflecken auf der Frucht; 4 = mehr als 3 Schorfflecken je Frucht.

5.2.2 Fruchtschorf zur Ernte 2021

Der Schorfbefall von vier Apfelsorten (‘Elstar‘, ‘Red Jonaprince‘, ‘Fresco‘ und ‘Braeburn‘) wurde an 500 bis 1300 Früchte im Anschluss an die Ernte bestimmt. Neben der Bestimmung der Befallshäufigkeit (**Tab. 42**) wurde auch die Befallsintensität festgehalten (nicht dargestellt). Im schweren Schorfjahr 2021 wurde in allen Varianten Fruchtschorfbefall festgestellt. Unter den Bedingungen der Integrierten Produktion war die Permanente Überdachung geeignet die Schorfbefall der Früchte tendenziell in stärkerem Maße zu reduzieren als der Einsatz von Fungiziden in der Freiland- und Hagelschutzvariante. Unter den Bedingungen der ökologischen Produktion war die Permanente Überdachung in herausragender Weise geeignete den

Schorfbefall zu reduzieren von etwa 50 % im Freiland auf etwa 1,6 %. Berücksichtigt werden muss, dass Pflanzenschutzmaßnahmen im Freiland / Hagelschutzeinrichtungen auf Grund widriger Bodenverhältnisse nur unzureichend, d.h. nicht immer termingerecht, durchgeführt werden konnten. Auffällig ist auch, dass die Permanente Überdachung unter ökologischen Produktionsbedingungen eine tendenziell höheren Fruchtbefall aufwies gegenüber den Bedingungen der Integrierten Produktion. Ausschlaggebend hierfür mag ein höheres Pilzinokulum im Frühjahr, bedingt durch einen unterschiedlichen hohen Vorjahresbefall in den IP- und ÖKO-Versuchsanlagen (siehe auch 5.2.1), gewesen sein.

Tab. 42 Fruchtschorfbefall an vier Apfelsorten zum Erntetermin 2021.

Witterungsschutz	**Fruchtschorfbefall (%)**			
	‘Elstar‘	**‘Red Jonaprince‘**	**‘Fresco‘**	**‘Braeburn‘[1]**
IP				
Freiland	1,9	3,9	2,5	--
Hagelnetz	0,9	1,0	2,8	--
Permanente Überdachung	0,4	0,3	1,3	--
ÖKO				
Freiland	53,5	60,2	21,6	68,5
Hagelnetz	35,9	30,5	16,0	52,9
Permanente Überdachung	2,1	1,8	1,9	0,7

n = 20 Bäume. Variable Überdachung hatte durch den Installationstermin keinen Einfluss auf den Schorfbefall der Früchte zum Erntetermin. [1] Bäume der Sorte ‚Braeburn‘ befanden sich ausschließlich in der ÖKO-Versuchsanlage.

5.2.3 Fruchtschorf im Frühsommer 2022

Nach Abschluss der primären Schorfsaison (Ascosporeninfektionen) wurde im Frühsommer 2022 an fünf Apfelsorten der Fruchtschorfbefall bestimmt (**Tab. 43**). Insgesamt spiegelte der Fruchtschorfbefall die Befallsunterschiede an den Blütenbüscheln (Siehe Tab. 35) wider. Unter ökologischen Produktionsbedingungen wurde ein stärkerer Fruchtschorfbefall festgestellt. Die Verwendung einer Permanenten Überdachung konnte Fruchtschorfbefall, mit zwei Ausnahmen, vollständig verhindern. Der festgestellte Befall beschränkte sich aber auf den Randbereich der Überdachung, in dem seitlicher Schlagregen möglich war. Hingegen wurde unter der Variablen Überdachung in allen Fällen Fruchtschorfbefall festgestellt (Tab. 46). Bei integrierter Wirtschaftsweise hatte die Variable Überdachung ohne den Einsatz von Fungiziden Fruchtschorfbefall von 2 bis 4 % zur Folge. Bei der Sorte ‘Nicoter‘ lag der Wert höher, bei rund 13 % Fruchtschorfbefall. Die sortenspezifische Schorfanfälligkeit von ‘Nicoter‘ wird hierfür maßgeblich verantwortlich sein. Unter ökologischen Produktionsbedingungen wurde bei den Sorten ‘Elstar‘ und ‘Braeburn‘ unter der Variablen Überdachung der geringste Fruchtschorfbefall festgestellt, auch im Vergleich zu den Varianten Freiland und Hagelnetz. Im Gegensatz dazu war der Fruchtschorfbefall in den Sorten ‘Red Jonaprince‘ und ‘Fresco‘ unter der Variabler Überdachung fast doppelt so hoch wie unter Freilandbedingungen. Da es sich um die ersten Datenerhebungen zu Fruchtschorf unter der Variablen Überdachung handelte, ließ sich noch kein klarer Trend ableiten. Verglichen mit der Freiland-Variante und dem Einsatz

von Fungiziden hatte die Variable Überdachung tendenziell jedoch etwa einen doppelt so starken Fruchtschorfbefall zur Folge, wobei der Schorfbefall immer lokal begrenzt auftrat. Auffällig war der Befall dabei insbesondere im Übergangsbereich einzelner Folienbahnen der Variablen Überdachung. Auch Beschädigungen der Folie, wodurch die Dichtigkeit des Überdachungssystems nicht mehr gewährleistet war, ermöglichte eine direkte Einwirkung von Niederschlägen auf die Bäume und damit Schorfbefall.

Tab. 43 Fruchtschorfbefall an verschiedenen Apfelsorten im Frühsommer 2022.

Witterungsschutz	**Fruchtschorfbefall (%)**				
	‘Elstar‘	**‘Red Jonaprince‘**	**‘Fresco‘**	**‘Braeburn‘[1]**	**‘Nicoter‘[2]**
IP					
Freiland	0	0	0	--	0,5
Hagelnetz	0	0	0	--	0
Permanente Überdachung	0	0	0	--	3,5
Variable Überdachung	3,5	2,0	1,5	--	12,5
ÖKO					
Freiland	1,5	8,5	1,0	32,5	--
Hagelnetz	0	5,0	1,0	28,5	--
Permanente Überdachung	1,5	0	0	0	--
Variable Überdachung	1,0	17,0	2,0	8,0	--

n = 200 Früchte. [1] Bäume der Sorte ‘Braeburn‘ befanden sich ausschließlich in der ÖKO-Versuchsanlage.
[2] Bäume der Sorte ‚Nicoter‘ befanden sich ausschließlich der IP-Versuchsanlage.

5.2.4 Fruchtschorf im Frühsommer 2023

Im Projektjahr 2023 wurde nach Abschluss der primären Schorfsaison (Ascosporeninfektionen) im Frühsommer an vier Apfelsorten der Fruchtschorfbefall bestimmt (**Tab. 44**). Bei der Bonitur wurden keine Früchte aus den Übergangsbereichen der Foliendächern einbezogen. Unter ökologischen Produktionsbedingungen wurde tendenziell ein stärkerer Fruchtschorfbefall festgestellt. Insgesamt waren die Schorfinfektionen jedoch in allen Varianten sehr gering. Die Früchte, die im Freiland und unter Hagelnetz gewachsen waren, waren nahezu befallsfrei. Gleiches galt für die Früchte, die unter den Permanenten Foliendächern produziert wurden. Bei ökologischer Bewirtschaftung hatte die Variable Überdachung ohne den Einsatz von Fungiziden Fruchtschorfbefall von 1 bis 2 % zur Folge. In Gegensatz zum Vorjahr wurde unter den Variablen Überdachungen nur ein leicht erhöhtes Auftreten von Fruchtschorf im Vergleich zur Freilandvariante und dem Einsatz von Fungiziden festgestellt. Erneut wurde ein lokales Auftreten des Schorfbefalls beobachtet. Schorfbefall konnte im Übergangsbereich einzelner Folienbahnen der Variablen Überdachung beobachtet werden und unter beschädigten Folien, deren Undichtigkeiten eine direkte Einwirkung von Niederschlägen auf die Bäume ermöglichte.

Tab. 44 Fruchtschorfbefall an verschiedenen Apfelsorten im Frühsommer 2023.

Witterungsschutz	Fruchtschorfbefall (%)			
	Elstar	**Red Jonaprince**	**Braeburn[1]**	**Nicoter[2]**
IP				
Freiland	0,0	0,0	--	1,0
Hagelnetz	0,0	0,0	--	0,0
Permanente Überdachung	0,0	0,0	--	0,0
Variable Überdachung	0,0	1,0	--	0,5
ÖKO				
Freiland	0,0	0,0	1,0	--
Hagelnetz	0,5	0,0	0,0	--
Permanente Überdachung	0,5	0,0	0,0	--
Variable Überdachung	1,0	0,4	2,0	--

n = 200 Früchte. [1] Bäume der Sorte ‘Braeburn‘ befanden sich ausschließlich in der ÖKO-Versuchsanlage.
[2] Bäume der Sorte ‚Nicoter‘ befanden sich ausschließlich der IP-Versuchsanlage.

5.2.5 Fruchtschorf im Frühsommer 2024

Nach Abschluss der primären Schorfsaison (Ascosporeninfektionen) wurde im Frühsommer 2024 an vier Apfelsorten der Fruchtschorfbefall bestimmt (**Tab. 45**). Ein drittes Jahr in Folge wurde unter ökologischen Produktionsbedingungen ein tendenziell stärkerer Fruchtschorfbefall festgestellt. Insgesamt waren die Schorfinfektionen wie im Vorjahr sehr gering. Auf der ÖKO-Fläche wurden ausschließlich im Freiland Fruchtschorfinfektionen festgestellt. Das höchste Befallsauftreten wurde mit 6 % Fruchtschorfbefall bei der Sorte ‘Braeburn‘ verzeichnet. Es konnte erneut festgestellt werden, dass die Permanenten und die Variablen Folienüberdachungen die Früchte trotz des Verzichtes auf den Einsatz von Schorffungiziden schützen konnten. Die im Vorjahr beschriebenen Undichtigkeiten an Folienbahnen wurden im Frühjahr 2024 umfangreich ausgebessert, sodass der Eintritt von Niederschlägen nur noch an den Randbereichen der Folienbahnen möglich war. Früchte aus den Randbereichen der Foliendächer wurden nicht bonitiert.

Tab. 45 Fruchtschorfbefall an verschiedenen Apfelsorten im Frühsommer 2024.

Witterungsschutz	Fruchtschorfbefall (%)			
	‘Elstar‘	‘Red Jonaprince‘	‘Braeburn‘[1]	‘Nicoter‘[2]
IP				
Freiland	0,5	0,5	--	0,0
Permanente Überdachung	0,0	0,0	--	0,0
Variable Überdachung	0,0	1,0	--	0,0
ÖKO				
Freiland	1,5	--	6,5	--
Hagelnetz	0,0	--	0,0	--
Permanente Überdachung	0,0	--	0,0	--
Variable Überdachung	0,0	--	0,0	--

n = 200 Früchte. [1] Bäume der Sorte ‘Braeburn‘ befanden sich ausschließlich in der ÖKO-Versuchsanlage. [2] Bäume der Sorte ‘Nicoter‘ befanden sich ausschließlich in der IP-Versuchsanlage.

5.2.6 Fruchtschorf nach der Ernte 2024

Der Schorfbefall von fünf Apfelsorten (‘Elstar‘, ‘Red Jonaprince‘, ‘Fresco‘, ‘Braeburn‘ und ‘Nicoter‘) wurde an 154-1876 Früchte im Anschluss an die Ernte bestimmt (**Tab. 46**). Auch 2024 war ein schweres Schorfjahr. In allen Varianten wurde Fruchtschorfbefall festgestellt. Während die Funigizidbehandlungen im Freiland das Fruchtschorfauftreten nahezu zu 100 % vermeiden konnten, wiesen die unbehandelten Varianten unter Folienüberdachungen geringe Befallshäufigkeiten von 3 bis 4 % auf. Deutlichere Unterschiede zeigten sich auf der ÖKO-Fläche. Hier reichten die durchgeführten Fungizidbehandlungen nicht aus, um die Früchte im Freiland und unter Hagelschutznetz ausreichend vor Schorfbefall zu schützen. Dagegen konnten die Permanente und die Variable Foliendächer wiederholt in herausragender Weise den Schorfbefall reduzieren. Die Befallswerte betrugen im Freiland rund 52 % bei der Sorte ‘Elstar‘ und 68 % bei der Sorte ‘Braeburn‘ und lagen bei <5 % bei den Permanenten und bei <10 % bei den Variablen Foliendächern. Bei der Sorte ‘Fresco‘ wurde ein Schorfbefall von rund 7 % festgestellt, welcher auf Undichtigkeiten in der Permanenten Überdachung zurückgeführt werden konnte. Auffällig ist auch in diesem letzten Projektjahr, dass die Früchte aus Permanenter Überdachung unter ökologischen Produktionsbedingungen einen tendenziell höheren Fruchtschorfbefall aufwiesen als unter integrierten Produktionsbedingungen. Generell mag ein höheres Inokulum auf der ÖKO-Fläche im Frühjahr, bedingt durch einen unterschiedlich hohen Vorjahresbefall in den IP- und ÖKO-Versuchsanlagen (siehe auch 5.2.1), der Grund gewesen sein. Allerdings kann dazu auch Materialermüdung der Überdachungen und dadurch bedingte Undichtigkeiten beigetragen haben.

Tab. 46 Fruchtschorfbefall an Früchten der Sorten ‘Elstar‘, ‘Red Jonaprince‘, ‘Fresco‘ und ‘Braeburn‘ aus der Ernte 2024 nach Kühllagerung (< 2 °C) im Dezember 2024.

Witterungsschutz	‘Elstar‘		‘Red Jonaprince‘		‘Fresco‘		‘Braeburn‘	
	Befall (%)	Befall (Index[1])	Befall (%)	Befall (Index[1])	Befall (%)	Befall (Index[1])	Befall (%)	Befall (Index[1])
IP								
Freiland	0,23	1,00	1,79	1,03	0,89	1,01	-	-
Permanente Überdachung	3,27	1,05	0,52	1,01	6,56	1,10	-	-
Variable Überdachung	4,31	1,06	7,41	1,10	0,84	1,01	-	-
ÖKO								
Freiland	51,48	2,03	-	-	-	-	64,41	2,36
Hagelnetz	10,21	1,17	-	-	-	-	43,91	1,85
Permanente Überdachung	4,13	1,05	-	-	-	-	4,73	1,06
Variable Überdachung	9,47	1,16	-	-	-	-	5,18	1,06

n = 154-1876 Früchte. [1]Der Befallsindex gibt die Befallsstärke der Früchte wieder (1 = kein Schorfleck; 2 = 1 Schorffleck auf der Frucht; 3 = 2-3 Schorfflecken auf der Frucht; 4 = mehr als 3 Schorfflecken je Frucht.

5.3 Lagerschorf und Lagerfäulen nach mehrmonatiger Kühllagerung

5.3.1 Lagerschorf und Lagerfäulen an Früchten aus der Ernte 2020

Im Anschluss an die Ernte 2020 wurden die Früchte bei < 2 °C und atmosphärischen Luftbedingungen gelagert. Im Januar und März erfolgte eine Auswertung der Früchte auf Lagerschorfbefall (**Tab. 47**). Ab Dezember erfolgten außerdem im mehrmonatigen Abstand wiederholt Auswertungen auf Befall mit Lagerfäulen, die für die gesamte Lagerdauer kumuliert wurden (**Tab. 48**). Insgesamt trat nur ein moderater Lagerschorfbefall auf. Der Befall in der Sorte ‘Fresco‘ war dabei geringer als in der Sorte ‘Red Jonaprince‘ und der Befall war in der ÖKO-Variante deutlich stärker ausgeprägt als in der IP-Variante. Analog zum Primärschorfbefall, der immer auch eine Voraussetzung für Lagerschorfbefall ist, entwickelten die im Freiland und unter dem Hagelnetz produzierten Früchte deutlich mehr Lagerschorf. Früchte, die unter der Permanenten Überdachung gewachsen waren, entwickelten nur in Einzelfällen Lagerschorfbefall.

Tab. 47 Lagerschorfbefall an Früchten der Sorten ‘Red Jonaprince‘ und ‘Fresco‘ aus der Ernte 2020 nach etwa viermonatiger (ÖKO) bzw. fünfeinhalbmonatiger (IP) Kühllagerung (< 2 °C) im Januar bzw. März 2021.

Witterungsschutz	‘Red Jonaprince‘		‘Fresco‘ (1. Pflücke)		‘Fresco‘ (2. Pflücke)	
	Befall (%)	Befall (Index[1])	Befall (%)	Befall (Index[1])	Befall (%)	Befall (Index[1])
IP						
Freiland	4,2	1,06	0,3	1,01	0	1,00
Hagelnetz	0,2	1,00	0	1,00	0	1,00
Permanente Überdachung	0	1,00	0	1,00	0	1,00
ÖKO						
Freiland	4,5	1,06	6,6	1,10	5,8	1,09
Hagelnetz	9,1	1,13	3,6	1,03	1,0	1,01
Permanente Überdachung	0,4	1,01	0	1,00	0	1,00

n = 180-770 Früchte. [1] Der Befallsindex gibt die Befallsstärke der Früchte wieder (1 = kein Schorfleck; 2 = 1 Schorffleck auf der Frucht; 3 = 2-3 Schorfflecken auf der Frucht; 4 = mehr als 3 Schorfflecken je Frucht.

Tab. 48 Lagerfäulenbefall an Früchten aus der Ernte 2020 nach etwa zehnmonatiger (‘Red Jonaprince‘) bzw. achtmonatiger (‘Fresco‘) Kühllagerung bei < 2 °C.

Witterungsschutz	Red Jonaprince	Fresco (1. Pflücke)	Fresco (2. Pflücke)
	Befall (%)	Befall (%)	Befall (%)
IP			
Freiland	6,0	23,7	57,8
Hagelnetz	3,5	7,8	28,3
Permanente Überdachung	4,9	6,7	12,4
ÖKO			
Freiland	46,0	62,7	81,8
Hagelnetz	38,8	49,2	60,5
Permanente Überdachung	1,8	2,9	7,8

n = 180-770 Früchte.

Die acht- bzw. zehnmonatige Kühllagerung führte bei der Sorte ‘Fresco‘ unabhängig von der Produktionsrichtung und bei der Sorte ‘Red Jonaprince‘ zumindest bei Früchten aus der ökologischen Produktion zu massivem Auftreten von Lagerfäulen. Tendenziell waren Früchte unter dem Hagelnetz weniger von Lagerfäulnis betroffen im Vergleich zu Früchten, die im Freiland gewachsen waren. Vor allem aber kam es an Früchten, die unter der Permanenten Überdachung herangereift waren, zu einem deutlichen geringeren Fäulnisbefall zwischen 1,8 und 12,4 %. Nur im Falle integriert erzeugter ‘Red Jonaprince‘ führte die Überdachung nicht zu einer Reduktion des Lagerfäulenbefalls.

5.3.2 Lagerfäulen an Früchten aus der Ernte 2021

Untersuchungen zum Einfluss des Witterungsschutzsystems auf den Lagerfäulenbefall wurden in 2021 auf die Sorte ‘Elstar‘ ausgedehnt. Außerdem konnte erstmalig auch der Einfluss der Variablen Überdachung, die Ende Juli (IP) bzw. Ende August (ÖKO) installiert worden war, untersucht werden. In allen Sorten trat nach bis zu siebeneinhalbmonatiger Lagerung bei < 2 °C Fäulnisbefall auf (2,9 bis 95,5 %). Früchte aus der ökologischen Produktion waren stärker von Fäulnisbefall betroffen und die Sorte ‘Fresco‘ insgesamt erheblich stärker als die Sorten ‘Elstar‘ und ‘Red Jonaprince‘ (**Tab. 49**). Der stärkste Befall wurde an Früchten der Sorte ‘Fresco‘ vom 2. Erntetermin festgestellt (14,7 bis 95,5 %). Wie schon im Vorjahr wiesen Früchte, die unter Hagelnetzen gereift waren, tendenziell einen geringeren Lagerfäulenbefall, zumindest im Vergleich mit Freiland-Früchten, auf. Durch eine Permanente Überdachung konnte der Anteil lagerfauler Früchte erheblich reduziert werden, insbesondere unter ökologischen Produktionsbedingungen und bei der Sorte ‘Fresco‘, jedoch weniger bei unter integrierten Produktionsbedingungen gewachsenen ‘Elstar‘ und ‘Red Jonaprince‘. Im Gegensatz dazu war für die Variable Überdachung nur in Einzelfällen ein reduzierender Effekt auf den Lagerfäulenbefall feststellbar.

Tab. 49 Lagerfäulenbefall an drei Apfelsorten aus der Ernte 2021 nach siebeneinhalbmonatiger (‘Elstar‘ und ‘Red Jonaprince‘) bzw. sechseinhalbmonatiger (‘Fresco‘) Kühllagerung bei < 2 °C.

Witterungsschutz	**Lagerfäulenbefall (%)**			
	‘Elstar‘	**‘Red Jonaprince‘**	**‘Fresco‘ (1. Pflücke)**	**‘Fresco‘ (2. Pflücke)**
IP				
Freiland	5,1	8,3	18,4	92,8
Hagelnetz	2,9	5,1	13,0	84,7
Permanente Überdachung	6,0	9,5	3,1	21,2
Variable Überdachung	5,8	5,7	18,4	84,0
ÖKO				
Freiland	20,9	42,6	34,8	95,5
Hagelnetz	17,6	27,3	33,7	95,0
Permanente Überdachung	3,6	4,5	9,1	14,7
Variable Überdachung	22,7	10,8	5,2	88,5

n = 60-770 Früchte.

5.3.3 Lagerschorf an Früchten aus der Ernte 2022

Im Anschluss an die Ernte 2022 wurden die Früchte bei < 2 °C und atmosphärischen Luftbedingungen gelagert. Im März erfolgte eine Untersuchung der Früchte auf Lagerschorfbefall (**Tab. 50**). Insgesamt trat ein geringer bis mittlerer Lagerschorfbefall auf, d.h. bei maximal 13 % (IP) bzw. 65 % (ÖKO) der Früchte und das in geringer Ausprägung (Befallsindex <2). Analog zum Primärschorfbefall war in der ÖKO-Anlage ein deutlich höherer Befall zu verzeichnen als in der IP-Anlage. Wie schon 2020 festgestellt wurde, waren die im Freiland und unter dem Hagelnetz produzierten Früchte häufiger von Lagerschorf betroffen.

Früchte, die unter der Permanenten Überdachung gewachsen waren, wiesen nur in Einzelfällen Lagerschorfbefall auf.

Tab. 50 Lagerschorfbefall an Früchten der Sorten ‘Elstar‘, ‘Red Jonaprince‘, ‘Fresco‘ und ‘Braeburn‘ aus der Ernte 2022 nach Kühllagerung (< 2 °C) im März 2023.

Witterungsschutz	‘Elstar‘		‘Red Jonaprince‘		‘Fresco‘		‘Braeburn‘	
	Befall (%)	Befall (Index[1])	Befall (%)	Befall (Index[1])	Befall (%)	Befall (Index[1])	Befall (%)	Befall (Index[1])
IP								
Freiland	0,18	1,00	12,45	1,21	1,14	1,01	-	-
Hagelnetz	0,09	1,00	12,58	1,19	0,14	1,00	-	-
Permanente Überdachung	0,39	1,00	0,61	1,01	0,37	1,00	-	-
Variable Überdachung	0,47	1,00	7,58	1,13	1,97	1,03	-	-
ÖKO								
Freiland	13,68	1,21	64,63	2,49	5,92	1,12	32,01	1,52
Hagelnetz	3,00	1,04	24,45	1,41	1,47[2]	1,04[2]	21,52	1,36
Permanente Überdachung	1,26	1,01	7,79	1,17	1,22	1,02	2,07	1,03
Variable Überdachung	1,84	1,03	4,30	1,09	10,56	1,19	1,43	1,02

n = 158-1249 Früchte. [1] Der Befallsindex gibt die Befallsstärke der Früchte wieder (1 = kein Schorfleck; 2 = 1 Schorffleck auf der Frucht; 3 = 2-3 Schorfflecken auf der Frucht; 4 = mehr als 3 Schorfflecken je Frucht. [2] n < 100 Früchte.

5.3.4 Lagerfäulen an Früchten aus der Ernte 2022

Nach sechseinhalb bzw. siebeneinhalb Monaten Lagerung erfolgte eine Bonitur auf Lagerfäulenbefall (**Tab. 51**). In allen Sorten trat nach Lagerung bei < 2 °C Fäulnisbefall auf (0,5 bis 91,1 %). Wie im Vorjahr waren Früchte aus Freiland-Produktion und generell Früchte aus der ökologischen Produktion stärker von Fäulnisbefall betroffen (Tab. 51). Der stärkste Befall wurde an Früchten der Sorte ‘Fresco‘ festgestellt (3,4 bis 91,1 % Befall). Wie schon in den Jahren 2020 und 2021 wiesen Früchte, die unter Hagelnetzen gereift waren, generell einen geringeren Lagerfäulenbefall auf als Früchte aus der Freilandproduktion. Die Permanente und die variable Überdachung konnten den Anteil lagerfauler Früchte, insbesondere unter ökologischen Produktionsbedingungen weiter reduzieren. Im Vergleich zur Freiland-Variante reduzierte die Permanente Überdachung in der ÖKO-Anlage den Lagerfäulenbefall um 16 % bis 88 %. In der Integrierten Produktion war dieser Effekt nur bei der Sorte ‘Fresco‘ feststellbar. Hier waren rund 40 % weniger Früchte mit Lagerfäuleerregern befallen als in der Freiland-Variante. Die Variable Überdachung zeigte eine schwächere Reduktion des Lagerfäulenbefalls. Im Vergleich zur Freiland-Variante reduzierte die Variable Überdachung den Lagerfäulenbefall auf Früchten unter ökologischen Produktionsbedingungen um 11 % bis 50 % und bei der Sorte ‘Fresco‘ (IP) um rund 37 %.

Tab. 51 Lagerfäulenbefall an drei Apfelsorten aus der Ernte 2022 nach siebeneinhalbmonatiger (‘Elstar‘ und ‘Red Jonaprince‘) bzw. sechseinhalbmonatiger (‘Fresco‘) Kühllagerung bei < 2 °C.

	Lagerfäulenbefall (%)		
Witterungsschutz	**‘Elstar‘**	**‘Red Jonaprince‘**	**‘Fresco‘**
IP			
Freiland	1,43	2,98	50,86
Hagelnetz	1,73	0,52	37,81
Permanente Überdachung	4,06	2,55	11,15
Variable Überdachung	2,95	3,83	13,60
ÖKO			
Freiland	17,92	31,51	91,14
Hagelnetz	13,0	28,72	84,51[2]
Permanente Überdachung	1,94	8,06	3,36
Variable Überdachung	5,60	20,84	21,51

n = 158-1249 Früchte. [2] n < 100 Früchte.

5.3.5 Apfel- und Fruchtschalenwickler-Befall an Früchten aus der Ernte 2022

Im Jahr 2022 wurden erstmalig Daten zum Befall durch Apfel- und Fruchtschalenwickler an Früchten erhoben (**Tab. 52**). Hierfür wurden nach der Ernte je Witterungsschutzvariante zwischen 518 und 1038 Früchte der Sorte ‘Elstar‘ aus der Integrierten Produktion bonitiert. In allen Varianten konnte ein geringer Befall von in der Summe 1 % bis 2 % festgestellt werden. Schäden des Fruchtschalenwicklers wurden etwas häufiger registriert als die des Apfelwicklers. Tendenziell befielen Apfel- und Fruchtschalenwickler die Früchte der Varianten Freiland, Hagelnetz und Variable Überdachung häufiger als die Früchte, die unter Permanenter Überdachung produziert wurden. Erhebungen zu Frucht-Monilia, die häufig an durch tierische Schaderreger verletzten Früchten entsteht, stützen diese Annahme. Vor der Ernte wurde an zwei Terminen, Ende August und Anfang September, die Anzahl der Monilia-Früchte am Baum und am Boden bei der Sorte ‘Elstar‘ in der IP-Anlage gezählt (hier nicht dargestellt). Die meisten Monilia-Früchte wurden unter der Variablen Überdachung gefunden, gefolgt von der Variante Hagelnetz.

Tab. 52 Apfel- und Fruchtschalenwickler-Befall an Früchten der Apfelsorte ‘Elstar‘ aus der Ernte 2022.

Witterungsschutz	**Apfelwicklerbefall (%)**	**Fruchtschalenwicklerbefall (%)**
IP		
Freiland	0,3	1,4
Hagelnetz	0,4	1,2
Permanente Überdachung	0,5	0,7
Variable Überdachung	0,5	1,1

n = 518-1038 Früchte.

5.3.6 Lagerschorf an Früchten aus der Ernte 2023

Im Anschluss an die Ernte wurden die Früchte bei < 2 °C und atmosphärischen Luftbedingungen gelagert. Im April 2024 erfolgte eine Untersuchung der Früchte auf Lagerschorfbefall (**Tab. 53**). Insgesamt trat ein mäßiger Lagerschorfbefall an maximal 10 % (IP) bzw. 15 % (ÖKO) der Früchte auf, und das in sehr geringer Ausprägung (Befallsindex <2). Analog zum Primärschorfbefall war wiederholt in der ÖKO-Anlage ein deutlich höherer Befall zu verzeichnen als in der IP-Anlage.

Die variablen Foliendächer konnten den Befall von Lagerschorf nicht wesentlich vermindern. Der Lagerschorfbefall war bei den Sorten ‘Red Jonaprince‘, ‘Fresco‘, ‘Braeburn‘ und ‘Elstar‘ (ÖKO) sogar stärker als in den Freiland-Varianten. Das Permanente Foliendach führte zu besseren Ergebnissen. Sowohl auf der ÖKO-, als auch auf der IP-Fläche wiesen Früchte, die unter der Permanenten Überdachung gewachsen waren, nur in Einzelfällen (≤ 5% Befall) Lagerschorf auf.

Tab. 53 Lagerschorfbefall an Früchten der Sorten ‘Elstar‘, ‘Red Jonaprince‘, ‘Fresco‘ und ‘Braeburn‘ aus der Ernte 2023 nach Kühllagerung (< 2 °C) im April 2024.

Witterungsschutz	**‘Elstar‘**		**‘Red Jonaprince‘**		**‘Fresco‘**		**‘Braeburn‘**	
	Befall (%)	**Befall (Index[1])**	**Befall (%)**	**Befall (Index[1])**	**Befall (%)**	**Befall (Index[1])**	**Befall (%)**	**Befall (Index[1])**
IP								
Freiland	9,83	1,13	4,45	1,06	0,72	1,01	-	-
Hagelnetz	5,30	1,07	4,07	1,06	0,65	1,01	-	-
Permanente Überdachung	3,65	1,07	1,45	1,03	2,14	1,03	-	-
Variable Überdachung	7,75	1,12	4,70	1,10	2,77	1,04	-	-
ÖKO								
Freiland	2,88	1,05	1,94	1,03	1,35	1,02	9,17	1,17
Hagelnetz	10,76	1,30	0,43	1,00	1,41	1,03	4,82	1,08
Permanente Überdachung	5,28	1,09	0,73	1,01	0,00	1,00	4,14	1,08
Variable Überdachung	15,33	1,45	4,13	1,06	2,99	1,05	12,32	1,29

n = 221-1243 Früchte. [1] Der Befallsindex gibt die Befallsstärke der Früchte wieder (1 = kein Schorfleck; 2 = 1 Schorffleck auf der Frucht; 3 = 2-3 Schorfflecken auf der Frucht; 4 = mehr als 3 Schorfflecken je Frucht. [2] n < 100 Früchte.

5.3.7 Lagerfäulen an Früchten aus der Ernte 2023

In allen Sorten trat nach bis zu siebeneinhalbmonatiger Lagerung bei < 2 °C Fäulnisbefall auf (1,3 bis 82,3 %). Wie schon in den Vorjahren 2021 und 2022 waren Früchte aus Freiland-Produktion und generell Früchte aus ökologischer Produktion stärker von Fäulnisbefall betroffen (**Tab. 54**). Der stärkste Befall wurde an Früchten der Sorte ‘Fresco‘ festgestellt (9,2 bis 61,1 % Befall). Anders als in den Jahren 2020, 2021 und 2022 wiesen Früchte, die unter Hagelnetzen gereift waren, nur bei den Sorten ‘Elstar‘ und ‘Fresco‘ unter

Integrierten Produktionsbedingungen einen geringeren Lagerfäulenbefall auf als Früchte aus der Freilandproduktion.

Generell konnten die Permanenten und die Variablen Überdachungen den Anteil lagerfauler Früchte reduzieren. Eine Ausnahme bildet ‘Red Jonaprince‘ auf der IP-Fläche. Hier war der Lagerfäulenbefall in allen Varianten gering. Im Vergleich zur Freiland-Variante reduzierte die Permanente Überdachung auf der ÖKO-Fläche den Lagerfäulenbefall um 6 bis 48 %, die Variable Überdachung reduzierte den Lagerfäulebefall in ähnlichem Maße, um 4 bis 46 %. Auch in 2023 war dieser Effekt auf der IP-Fläche nur bei der Sorte ‘Fresco‘ deutlich feststellbar. Unter dem Permanenten Foliendach waren rund 21 % weniger Früchte mit Lagerfäuleerregern befallen als in der Freiland-Variante, wobei der Fäulnisbefall vorallem durch den Erreger *Phlyctema vagabunda* verursacht wurde. Allerdings war auffällig, dass unter den Foliendächern, insbesondere dem Permanenten Foliendach, ein relativ hoher Anteil der Fäulnisverluste von Infektionen mit dem Erreger *Monilinia fructigena* herrührte.

Tab. 54 Lagerfäulenbefall an drei Apfelsorten aus der Ernte 2023 nach siebeneinhalbmonatiger (‘Elstar‘ und ‘Red Jonaprince‘) bzw. sechseinhalbmonatiger (‘Fresco‘) Kühllagerung bei < 2 °C.

Witterungsschutz	**Lagerfäulenbefall (%)**		
	Elstar	**Red Jonaprince**	**Fresco**
IP			
Freiland	3,48	1,26	29,77
Hagelnetz	1,70	2,68	16,73
Permanente Überdachung	1,34	1,98	9,2
Variable Überdachung	2,38	2,82	14,75
ÖKO			
Freiland	21,41	7,10	61,09
Hagelnetz	26,47	7,61	82,31
Permanente Überdachung	6,42	1,45	13,41
Variable Überdachung	12,63	2,74	14,80

n = 221-1243 Früchte.

5.3.8 Apfel- und Fruchtschalenwickler-Befall an Früchten aus der Ernte 2023

Im Jahr 2023 wurden im zweiten Jahr in Folge auch Daten zum Befall durch Apfel- und Fruchtschalenwickler an Früchten erhoben. Nach der Ernte wurden je Witterungsschutzvariante zwischen 251 bis 817 Früchte der Sorte ‘Nicoter‘ aus der integrierten Produktion bonitiert. Alle Varianten waren nahezu befallsfrei (**Tab. 55**).

Tab. 55 Apfel- und Fruchtschalenwickler-Befall an Früchten der Apfelsorte ‘Nicoter‘ aus der Ernte 2023.

Witterungsschutz	Apfelwicklerbefall (%)	Fruchtschalenwicklerbefall (%)
IP		
Freiland	0,4	0,5
Hagelnetz	0,5	0,0
Permanente Überdachung	1,0	0,5
Variable Überdachung	0,4	0,1

n = 251-817 Früchte.

5.3.9 Lagerfäulen an Früchten aus der Ernte 2024

In allen Sorten trat nach bis zu dreimonatiger Lagerung bei < 2 °C ein geringer Fäulnisbefall auf (0,5 % bis 6,3 %). Wie schon in den Vorjahren waren Früchte aus Freiland-Produktion und Früchte aus ökologischer Produktion von Fäulnisbefall betroffen. Es lag allerdings insgesamt ein niedriges Befallsniveau vor (**Tab. 56**). Der stärkste Befall wurde an Früchten der Sorte ‘Fresco‘ (3 bis 6 % Befall) und ‘Nicoter‘ festgestellt. Während es sich bei ‘Fresco‘ um vorwiegend Monilia-Fäule handelte, konnte die Lagerfäule bei ‘Nicoter‘ auf den starken Krebsbefall der Fruchtkuchen ab Ende März zurückgeführt werden. Dieser setzte in den vielen Nässephasen in der Blütezeit Konidien frei und sorgte dadurch für einen erhöhten Kelchgrubenfäulebefall. Die Befallswerte waren unter den Foliendach-Varianten bei allen untersuchten Sorten geringer als im Freiland oder unter dem Hagelnetz. Die Folienüberdachungen konnten somit Pflanzenschutzspritzungen einsparen und tendenziell weniger lagerfaule Früchte produzieren.

Tab. 56 Lagerfäulenbefall an fünf Apfelsorten aus der Ernte 2024 nach dreimonatiger (‘Elstar‘,‘Red Jonaprince‘, ‘Nicoter‘,‘Fresco‘, ‘Braeburn‘) Kühllagerung bei < 2 °C.

Witterungsschutz	Lagerfäulenbefall (%)				
	‘Elstar‘	‘Red Jonaprince‘	‘Nicoter‘	‘Fresco‘	‘Braeburn‘
IP					
Freiland	2,61	2,40	5,84	6,29	-
Permanente Überdachung	1,17	1,81	3,76	4,82	-
Variable Überdachung	1,48	3,31	4,26	3.03	-
ÖKO					
Freiland	3,43	-	-	-	1,84
Hagelnetz	3,42	-	-	-	1,08
Permanente Überdachung	2,95	-	-	-	0,52
Variable Überdachung	2,33	-	-	-	0,69

n = 154-1876 Früchte.

6. Pflanzenschutzmittelrückstände

Zur Ernte **2021** wurden erstmalig Rückstandsproben aus dem integriert bewirtschafteten Teil der Obstanlage entnommen. Zu diesem Zeitpunkt standen auch erstmalig alle vier zu testenden Überdachungssysteme zur Verfügung. Die Probennahme erfolgte in der Sorte ‘Nicoter‘. Je Witterungsschutzvariante wurden eine Mischprobe aus 24 Früchten geerntet und zur Analyse in das Labor Eurofins Dr. Specht Express Testing & Inspection GmbH, Hamburg, Deutschland gegeben. Die Proben wurden mit Multimethoden (Quechers GC-MSD und Quechers LC-MS/MS) auf eine Vielzahl von Pflanzenschutzmittelwirkstoffen untersucht. Im Freiland sowie im durch Hagelschutznetze geschützten Teil wurden drei Wirkstoffe (Captan, Cyprodinil und Fludioxonil) sowie ein relevanter Metabolit des Captans, THPI, nachgewiesen (**Tab. 57**). Im Gegensatz dazu wurde unter der Permanenten Überdachung kein Rückstand nachgewiesen. Beim Nachweis von Captan und THPI unter der Variablen Überdachung muss berücksichtigt werden, dass bedingt durch den späten Installationszeitraum im Juli 2021 in dieser Variante bis in den Sommer hinein Pflanzenschutzmittel wie in der Freiland-Variante ausgebracht worden waren. Auf den Einsatz von Switch (Wirkstoffe Cyprodinil und Fludioxonil) kurz vor der Ernte war hingegen nach der Errichtung der Variablen Überdachung verzichtet worden.

Zur Ernte **2022** wurde nach Vorbild der Probennahmen im Vorjahr Rückstandsproben auf der IP-Fläche gezogen. Erwartungsgemäß wurden unter dem Permanenten und Variablen Foliendach keine Rückstände gefunden (**Tab. 58-60**). Die vier Maßnahmen zur Mehltaubekämpfung hinterließen, wie erwartet, keine Rückstände.

Zur Ernte **2023** wurden wie in den Vorjahren Rückstandsproben von ‘Nicoter‘ und ‘Fresco‘ auf der IP-Fläche gezogen. Auch in diesem Jahr wurden unter den Überdachungen überwiegend keine Rückstände gefunden (**Tab. 61-62**). Einzig bei der Sorte ‘Fresco‘ konnten unter der Variablen Überdachung Rückstände von Spirotetramat (Movento SC 100) nachgewiesen werden, welches zur Blutlausbehandlung eingesetzt wurde.

Auch im letzten Projektjahr **2024** wurden Rückstandsproben auf der IP-Fläche gezogen. Die Ergebnisse bestätigen die in den Vorjahren gesammelten Erfahrungen. In den beiden untersuchten Sorten ‘Nicoter‘ und ‘Elstar‘ wurden unter den Foliendächern (Permanent und Variabel) keine Rückstände der Pflanzenschutzmittelwirkstoffe Captan, THPI und Cyprodinil gefunden. In der Freilandvariante beider Sorten konnten Rückstände der genannten Wirkstoffe nachgewiesen werden (**Tab. 63-64**).

Tab. 57 Rückstände von Pflanzenschutzmitteln auf Äpfeln der Sorte ‘Nicoter‘ am 27.09.2021.

Witterungsschutz	**Rückstände (mg kg^{-1})**			
	Captan	**THPI**	**Cyprodinil**	**Fludioxonil**
IP				
Freiland	0,51	0,20	0,036	0,015
Hagelnetz	0,58	0,27	0,033	0,014
Permanente Überdachung	--	--	--	--
Variable Überdachung	0,90	0,26	--	--

n = 24 Früchte.

Tab. 58 Rückstände von Pflanzenschutzmitteln auf Äpfeln der Sorte ‘Elstar‘ am 12.09.2022.

Witterungsschutz	Rückstände (mg kg^{-1})		
	Captan	**THPI**	**Trifloxystrobin**
IP			
Freiland	0,078	0,044	0,018
Hagelnetz	0,23	0,11	0,025
Permanente Überdachung	--	--	--
Variable Überdachung	--	--	--

n = 24 Früchte.

Tab. 59 Rückstände von Pflanzenschutzmitteln auf Äpfeln der Sorte ‘Nicoter‘ am 07.10.2022.

Witterungsschutz	Rückstände (mg kg^{-1})		
	Captan	**THPI**	**Trifloxystrobin**
IP			
Freiland	0,16	0,30	0,072
Hagelnetz	0,28	0,21	0,017
Permanente Überdachung	--	--	--
Variable Überdachung	--	--	--

n = 25 Früchte.

Tab. 60 Rückstände von Pflanzenschutzmitteln auf Äpfeln der Sorte ‘Fresco‘ am 07.10.2022.

Witterungsschutz	Rückstände (mg kg^{-1})		
	Captan	**THPI**	**Trifloxystrobin**
IP			
Freiland	0,12	0,11	0,029
Hagelnetz	0,17	0,11	--
Permanente Überdachung	--	--	--
Variable Überdachung	--	--	--

n = 25 Früchte.

Tab. 61 Rückstände von Pflanzenschutzmitteln auf Äpfeln der Sorte ‘Nicoter‘ am 08.09.2023.

Witterungsschutz	Rückstände (mg kg^{-1})		
	Captan	**THPI**	**Trifloxystrobin**
IP			
Freiland	0,46	0,15	0,018
Hagelnetz	0,51	0,21	0,024
Permanente Überdachung	--	--	--
Variable Überdachung	--	--	--

n = 25 Früchte.

Tab. 62 Rückstände von Pflanzenschutzmitteln auf Äpfeln der Sorte ‘Fresco‘ am 08.09.2023.

Witterungsschutz	Rückstände (mg kg^{-1})			
	Captan	THPI	Trifloxystrobin	Spirotetramat-monohydroxy
IP				
Freiland	0,56	0,26	0,041	--
Hagelnetz	0,58	0,27	0,049	--
Permanente Überdachung	--	--	--	--
Variable Überdachung	--	--	--	0,014

n = 25 Früchte.

Tab. 63 Rückstände von Pflanzenschutzmitteln auf Äpfeln der Sorte ‘Elstar‘ am 02.09.2024.

Witterungsschutz	Rückstände (mg kg^{-1})		
	Captan	THPI	Trifloxystrobin
IP			
Freiland	1,0	0,45	0,030
Permanente Überdachung	--	--	--
Variable Überdachung	--	--	--

n = 24 Früchte.

Tab. 64 Rückstände von Pflanzenschutzmitteln auf Äpfeln der Sorte ‘Nicoter‘ am 23.09.2024.

Witterungsschutz	Rückstände (mg kg^{-1})		
	Captan	THPI	Trifloxystrobin
IP			
Freiland	0,49	0,24	--
Permanente Überdachung	--	--	--
Variable Überdachung	--	--	--

n = 25 Früchte.

Exkurs: Untersuchung des Einflusses von Agri-PV-Dächern auf den Fruchtertrag und die Fruchtqualität bei den Apfelsorten ‘Elstar‘, ‘Nicoter‘ und ‘Fresco‘

1. Zielstellung

In Anlehnung an das laufende DBU-Projekt CABRIODACH sollte der Einfluss von Agri-PV-Dächern auf den Fruchtertrag und die Fruchtqualität verschiedener Apfelsorten untersucht werden sowie das Potenzial zur Einsparung von Pflanzenschutzmitteln und Minimierung von Pflanzenschutzmittelrückständen. Die Agri-PV-Dächer versprachen weniger witterungsanfällig als die Foliendächer zu sein und perspektivisch den zusätzlichen Vorteil der Energiegewinnung zu haben.

2. Material und Methode

Im Sommer 2022 wurden auf der integriert bewirtschafteten Fläche Agri-PV-Dächer der Firma Sunfarming GmbH, Erkner, Deutschland über jeweils 12 bis 14 Bäume der Apfelsorten ‘Elstar‘, ‘Nicoter‘ und ‘Fresco‘ gebaut. Im Frühjahr 2023 wurde ein Teil der Module durch Lichtfenster-Module ausgetauscht (**Abb. 13**, **Tab. 65**).

Tab. 65 Versuchsaufbau Apfelproduktion unter Agri-PV-Dächern

Untersuchungszeitraum	2022-2024
Sorten	‘Elstar‘, ‘Nicoter‘, ‘Fresco‘
Varianten	geschlossene Panel; Lichtfenster-Panel

3. Durchführung

Die Agri-PV-Dächer wurden als zusätzliche Variante neben die schon bestehenden Überdachungsvarianten des Projektes CABRIODACH auf der IP-Fläche installiert. Ab Sommer 2022 wurden Auswirkungen auf den Fruchtertrag und die Fruchtqualität ermittelt. Ergebnisse zum Fruchtbehang werden im Jahr 2022 noch außer Acht gelassen, da die Agri-PV-Dächer zum Zeitpunkt der Blüteninduktion nicht installiert waren. Die Unterschiede zwischen den geschlossenen Panels und den Lichtfenster-Panels wurden ab 2023 beleuchtet.

4. Auswertung

4.1 Fruchtertrag

Es wurden alle Früchte von bis zu 14 Bäumen geerntet und die Erntemenge, die durchschnittliche Fruchtgröße und der Deckfarbenanteil in den Jahren 2022 bis 2024 ermittelt (**Tab. 66**). Die Erntetermine der Sorte ‘Elstar‘ waren 09.09.2022, 11.09.2023 und 09.09.2024. Die Erntetermine der Sorte ‘Nicoter‘ waren 06.10.2022, 29.09.2023 und 12.10.2023 sowie 23.09.2024. Die Sorte ‘Fresco‘ wurde an folgenden Terminen geerntet: 05.10.2022, 04.10.2023 und 18.09.2024.

Bei der Sorte ‘**Elstar**‘ war die Deckfarbenausprägung der Früchte unter den Agri-PV-Dächern auf Grund der starken Schattierung insgesamt so gering wie bei der Variante permanentes Foliendach. Im Jahr 2022 war die Deckfarbenausprägung sogar um 14 % geringer als unter dem permanenten Foliendach. Im Jahr 2023 war der Fruchtansatz unter den Agri-PV-Dächern sehr gering und es wurden die niedrigsten Baumerträge ermittelt, die mengenmäßig zwischen dem permanenten und variablen Foliendach einzuordnen sind. Die Früchte waren im Durchschnitt

jedoch größer. Im Jahr 2024 ließ sich durch die Fenster-Module eine bessere Deckfarbenausprägung erreichen.

Die negativen Auswirkungen der Überdachung auf die Deckfarbenausprägung waren bei der Sorte '**Nicoter'** am stärksten. Selbst bei der Unterscheidung zwischen den geschlossenen Modulen und Fenster-Modulen sowie der Nord- und Süd-Seite zeigten sich keine relevanten Unterschiede in der Farbausprägung. Die Deckfarbe war ebenso gering (im Durchschnitt weniger als 40 %) wie unter dem Hagelschutznetz und unter den Foliendächern.

Bei der Sorte **'Fresco'** war die Deckfarbenausprägung im Jahr 2022 unter den Agri-PV-Dächern ähnlich gut wie im Freiland, mit sehr großen Fruchtkalibern. Im Jahr 2023 wurden jedoch ähnlich geringe Baumerträge verzeichnet wie unter den Foliendächern, sogar mit kleineren Fruchtkalibern. Die Lichtfenster-Module bewirkten eine vergleichbare Deckfarbenausprägung wie die Variablen Foliendächer. Im Jahr 2024 waren die Baumerträge unter den Agri-PV-Dächern am geringsten. In Folge des Unterbehangs waren die Fruchtkaliber im Durchschnitt sehr gut. Die Fruchtausfärbung war ebenso gering wie unter den permanenten Foliendächern.

Tab. 66 Erntemengen der Sorten 'Elstar', 'Nicoter' und 'Fresco' unter Agri-PV-Dächern, 2022-2024.

Witterungsschutz: Agri-PV-Dach	**Ertrag pro Baum (kg)/*Durchschnittliche Fruchtgröße (mm)*/Deckfarbe (%)**								
Module geschlossen/ Lichtfenster	**2022**			**2023**			**2024**		
'Elstar'	9,0	*70,7*	54,1	4,6	*71,1*	59,1	21,2	*66,2 / 68,9*	50,5 / 57,6
'Nicoter'	5,0	*77,3*	44,5	3,7 / 11,3	*73,4 / 73,4*	36,4 / 31,7	2,3	*76,5*	20,2
'Fresco'	20,8	*75,5*	49,3	14,1 / 13,5	*75,4 / 75,8*	53,1 / 63,5	21,0 / 20,6	*78,6 / 79,0*	42,7 / 38,3

n=7-14 Bäume pro Parzelle

4.2 Fruchtqualität

Innere Qualitätsparameter zur Ernte

Unter den Agri-PV-Dächern kam es 2023 und 2024 bei der Sorte 'Elstar' zu Festigkeitsverlusten und zu Reifeverzögerungen wie unter den Permanenten Foliendächern. Bei der Sorte 'Fresco' waren die Früchte in beiden Jahren ebenso fest und reif wie im Freiland. Der Anteil titrierbarer Säuren war allerdings geringer. Bei der Sorte 'Nicoter' kam es ebenfalls zu Reifeverzögerungen (**Tab. 67**).

Tab. 67 Fruchtqualität der Sorten ‘Elstar‘, ‘Nicoter‘ und ‘Fresco‘ zum Erntetermin im Herbst 2023 und 2024 unter Agri-PV-Dächern.

Witterungsschutz: Agri-PV-Dach	**Festigkeit (kg cm^{-2}) / *Lösliche Trockensubstanz (°Brix)* / Titrierbare Säuren (g l^{-1})**					
Module: geschlossen/ Lichtfenster	**2023**			**2024**		
‘Elstar‘	6,9	10,7	6,6	5,8/ 5,9	10,3/ 10,1	4,1/ 5,8
‘Nicoter‘	-[1]	-[1]	-[1]	7,3/ 6,7	10,3/ 10,1	5,8/ 6,6
‘Fresco‘	5,7	14,1	4,8	5,7/ 5,5	13,2/ 13,0	5,2/ 5,2

Nicht-zerstörungsfreie Analyse mit der Pimprenelle, n = 15-30 Früchte.
[1] Es liegen keine Analysedaten vor.

Fruchtberostung bei ‘Fresco‘

Der Berostungsindex bei der Sorte ‘Fresco‘ betrug im Jahr 2024 2,9 und war damit nur etwas höher als unter den Foliendächern (Berostungsindex 2,7). Im Jahr 2023 betrug der Berostungsindex 2,8. Die Fruchtqualität von ‘Fresco‘ konnte hinsichtlich der Berostung durch die Agri-PV-Dächer verbessert werden.

4.3 Schaderregerbefall

Schorf- und Mehltaubefall an Blättern

Eine Auswertung des Schorf- und Mehltaubefalls an den Blättern der Langtriebe wurde am 08.06.2023 und am 23.05.2024 an verschiedenen Sorten durchgeführt. Ausgewertet wurden alle Blätter (bis zu 18 Stück) von 20 Langtrieben, jeweils 10 von der Nord- und Südseite der Bäume. Die Befallshäufigkeit (Anteil in %) und der Befallsindex wurden ermittelt. Der Befallsindex gibt die Befallsstärke der Blätter wieder (1= kein Schorffleck / kein Mehltaubefall; 2= 1 Schorffleck auf dem Blatt / einzelne Mehltauinfektionen auf dem Blatt; 3= 2-3 Schorfflecken auf dem Blatt / bis 50 % der Blattoberfläche mit Mehltaumyzel überzogen; 4= mehr als 3 Schorfflecken je Blatt / mehr als 50 % der Blattoberfläche mit Mehltaumyzel überzogen.
Der Schorfbefall betrug bei der Sorte ‘Nicoter‘ unter den Agri-PV-Dächern im Jahr 2023 rund 1,8 % (Befallsindex 1,02) und war damit am höchsten im Vergleich zu den anderen überdachten Varianten. Im Jahr 2024 schützten die Agri-PV-Dächer die Sorten ‘Fresco‘, ‘Nicoter‘ und ‘Elstar‘ vollständig vor Schorfbefall.
Der Mehltaubefall an Blättern der Sorte ‘Nicoter‘ belief sich im Jahr 2023 auf 33 % (Befallsindex 2,33) und im Jahr 2024 rund 17 % (Befallsindex 2,17). Die Befallswerte waren damit vergleichbar mit denen unter den Permanenten Foliendächern.

Obstbaumkrebs bei ‘Nicoter‘

Bei der krebsanfälligen Sorte ‘Nicoter‘ wurde am 06.06.2024 im Randbereich der Agri-PV-Dächer Befall durch Obstbaumkrebs ermittelt, unter den Dächern waren die Bäume aber gesund.

Fruchtschorf und Lagerfäulen

Der Befall durch Fruchtschorf und Lagerschorf war in beiden Jahren höher im Vergleich zu den anderen Überdachungsvarianten. Der Anteil lagerfauler Früchte aus der Produktion unter Agri-PV-Dächern war in 2023 hoch und nur in 2024 geringer als im Freiland (**Tab. 68**).

Tab. 68 Fruchtschorfbefall und Lagerfäulenbefall an drei Apfelsorten, Früchten aus der Ernte 2023 und 2024 nach etwa fünfeinhalbmonatiger bzw. dreimonatiger Kühllagerung (< 2 °C).

Witterungsschutz: Agri-PV-Dach	**Fruchtschorf in % [Befallsindex] / *Lagerfäulnis in %***			
	2023		**2024**	
'Elstar'	28,57 [1,58]	*16,7*	17,03 [1,42]	*1,72*
'Nicoter'	13,14 [1,18]	*6,44*	6,86 [1,11]	*5,52*
'Fresco'	14,84 [1,30]	*24,87*	13,95 [1,25]	*2,96*

Wicklerschäden und Blutlausbefall

Der Schädlingsbefall unter den Agri-PV-Dächern blieb im Untersuchungszeitraum unauffällig. Am 08.11. und 14.11.2023 wurde an der Sorte 'Fresco' ein geringer Fruchtschalenwicklerbefall von 0,4 % festgestellt, jedoch kein Befall durch den Apfelwickler. Auch der Blutlausbefall im Jahr 2024 war bei der Sorte 'Elstar' unter den Agri-PV-Dächern vernachlässigbar gering. An Bäumen der Sorte 'Nicoter' wurde kein Befall festgestellt. Allerdings war auch unter den Agri-PV-Panelen das Insektizid Movento SC 100 zur Bekämpfung der Blutlaus zum Einsatz gekommen.

5. Zusammenfassung und Ausblick

Innerhalb des zweijährigen Untersuchungszeitraumes konnten erste wichtige Erkenntnisse zum Einfluss von Agri-PV-Dächern auf die Apfelkultur gesammelt werden. Wie erwartet war die Deckfarbenausprägung bei Früchten der Sorten 'Nicoter' und 'Elstar' aufgrund der starken Schattierung ebenso vermindert wie unter den Permanenten Überdachungen. Zudem führte die Schattierung auch hier zur Ausdünnung des Fruchtansatzes. Die Fenster-Module führten zur Verbesserung der Deckfarbenausprägung bei 'Elstar' und 'Fresco'.

Die Fruchtqualität litt vor allem bei der Sorte 'Elstar'. Hier wurden in allen Jahren Festigkeitsverluste verzeichnet. Die Fruchtqualität von 'Fresco' wurde hinsichtlich der Berostung durch die Überdachung verbessert.

Zudem schützten die Agri-PV-Dächer die Kulturen vor dem Befall durch Apfelschorf und Obstbaumkrebs. Einzig bei der Sorte 'Nicoter' wurde in 2023 auf Grund von Undichtigkeiten der Agri-PV-Module Schorfbefall festgestellt (**Abb. 14**). Im Vergleich zu den vielen Baumverlusten im Freiland-Variante zeigten sich die Bäume von 'Nicoter' unter den Agri-PV-Dächern als sehr gesund. Wie bereits von den Foliendächern bekannt, begünstigte auch das veränderte Kleinklima unter den Agri-PV-Dächern den Befall durch Apfelmehltau. Zum Auftreten tierischer Schaderreger kann auf Grund der erfolgten Bekämpfungsmaßnahmen keine Aussage getroffen werden.

Abb. 13 Agri-PV-Dächer sorgten je nach Durchlässigkeit für starke Schattenbildung (vorne geschlossene Panel; hinten Panel mit Lichtfenstern).

Abb. 14 Undichtigkeiten der Agri-PV-Dächer sorgten bei der Sorte ‘Nicoter‘ für Fruchtschorfbefall.

Ergebnisverbreitung

Durch die enge Verzahnung der OVA Jork mit den Beratungseinrichtungen OVR und ÖON im ESTEBURG-Obstbauzentrum Jork war eine direkte Überführung von gewonnenen Erkenntnissen in die obstbauliche Praxis sichergestellt. Anlässlich der Tagungen der obstbaulichen Facharbeitsgruppen „Technik“ und „Kernobst“ wurden die Überdachungssysteme im Sommer und Winter 2022 und der Facharbeitsgruppe „Kernobst“ im Sommer und Winter 2023 ausgewählten Obsterzeugern vorgestellt. Außerdem wurden die Überdachungssysteme auf dem Feld- und Techniktag der ESTEBURG Ende August 2022 und 2023 einer großen Anzahl Obstanbauern präsentiert (Holthusen, 2022; Holthusen et al., 2023).

Auszüge aus den ersten Ergebnissen werden in einem Kooperationsvortrag verschiedener europäischer Obstforschungsinstitute anlässlich des XXXI International Horticultural Congress: IHC2022 im August 2022 in Angers, Frankreich vorgestellt und im Nachgang in Acta Horticulturae veröffentlicht (Zavagli et al., 2023).

Direkt im Anschluss an die Projektlaufzeit wurden grundlegende Erkenntnisse der mehrjährigen Untersuchungen anlässlich der Norddeutschen Obstbautage 2025 in Jork vor über 200 Obsterzeugern und Gästen durch Herrn Holthusen vorgestellt.

Zusammenfassung und Ausblick

Die für das Projekt ausgewählten Sorten ‘Elstar‘, ‘Red Jonaprince‘ und ‘Fresco‘, aber auch ‘Nicoter‘ (nur IP) und ‘Braeburn‘ (nur ÖKO) sind von hoher Relevanz für die aktuelle und auch zukünftige Apfelproduktion an der Niederelbe (Holthusen & Paap, 2024; Holthusen, 2025). Die Sorten wurden außerdem vor allem auf Grund ihrer Anfälligkeit für die Krankheiten Apfelschorf (‘Red Jonaprince‘, ‘Nicoter‘ und ‘Braeburn‘) und Lagerfäulen (‘Elstar‘ und ‘Fresco‘), aber auch Apfelmehltau (‘Red Jonaprince‘, ‘Nicoter‘ und ‘Fresco‘) und Obstbaumkrebs (‘Nicoter‘) ausgewählt. Unter Freilandbedingungen waren die Erträge in der Regel am stabilsten und die Ausfärbung der Früchte am besten. Befall mit Pilzkrankheiten trat auf und war vor allem von der gewählten Produktionsrichtung und damit den verfügbaren Pflanzenschutzmitteln abhängig. Die Freilandvarianten fungierten in allen Fällen als Referenz zu den gewählten Schutzeinrichtungen wie Hagelnetzen und Folienüberdachungen.

Die Verwendung von Hagelnetzen hatte keinen Effekt auf den Ertrag, in vielen Fällen, insbesondere bei den Sorten ‘Braeburn‘, ‘Fresco‘ und ‘Nicoter‘, führten sie aber bis zu 10 % schwächer ausgefärbten Früchten. Insgesamt wurden die vieljährigen Ergebnisse bestätigt, nach denen der Apfelanbau unter weißen/transparenten Hagelnetzen an der Niederelbe nicht zu nennenswerten Ertragseinbußen führte (Clever & Görgens, 2021). Interessant waren die Ergebnisse dahingehend, dass die Produktion unter Hagelnetzen in der Tendenz ebenfalls einen Einfluss auf Pilzkrankheiten des Apfels hatte. Der Mehltaubefall wurde leicht gefördert. Wesentlich relevanter war aber der hemmende Effekt auf Schorfinfektionen an Blättern und Früchten, insbesondere unter ökologischen Produktionsbedingungen. Eine genaue Erklärung für diesen Effekt liegt nicht vor. Zumindest konnten die Hagelnetze die Bäume und Früchte nicht trocken halten. Möglicherweise erschwerten die Hagelnetze aber die Benetzung von

Blättern durch Regen und stellten eine mechanische Barriere der Regeltropfen auf dem Weg zum Erdboden da. Die notwendige kinetische Energie der Regentropfen zur Ausschleuderung von Ascosporen aus dem Falllaub im Frühjahr könnte dadurch reduziert worden sein. Es bedarf weiterer Untersuchungen zu Klärung der Hintergründe.

Die dargestellten Ergebnisse konnten das Potential einer Permanenten Überdachung zur Verhinderung wesentlicher Pilzkrankheiten des Apfels (Apfelschorf, diverse Lagerfäulen) eindrucksvoll unter Beweis stellen und deckten sich mit Ergebnissen anderer Versuchsansteller in Süddeutschland und der Schweiz (Buchleither & Arnegger, 2021; Zwahlen et al., 2021). Ein stärker Mehltaudruck konnte dagegen, wie von Zwahlen et al. (2021) berichtet, ebenfalls festgestellt werden. Die Ergebnisse legen den Schluss nahe, dass mehltauanfällige Sorten wie ‘GS66‘, ‘Elstar‘ und ‘Red Jonaprince‘ unter einer Permanenten Überdachung nur mit einer intensiven Mehltaufungizid-Strategie produziert werden können, womit ein Teil der Einspareffekte von Pflanzenschutzmitteln (gegen Schorf und Fäulen) zur Nichte gemacht würde. Zusätzlich zeigte sich der vorbeugende Effekt der Permanenten Überdachung auf Infektionen mit dem die Krankheit Obstbaumkrebs auslösenden Pilz *Neonectria ditissima* exemplarisch an der Sorte ‘Nicoter‘, zumindest wenn die Überdachung ganzjährig geschlossen blieb. Die von Zwahlen et al. (2021) berichtete Förderung der Blutlaus wurde insbesondere im letzten Projektjahr unter ökologischen Produktionsbedingungen ebenfalls eindrucksvoll bestätigt. Darüber hinaus hatte die Permanente Überdachung einen negativen Einfluss auf die Gehalte an löslicher Trockensubstanz und titrierbaren Säuren. Sie führte tendenziell auch zu geringerer Fruchtfleischfestigkeit. Außerdem wirkte sich die Permanente Überdachung tendenziell negativ auf die Fruchtgröße und die Fruchtausfärbung aus. Man könnte die Daten daher auch als Verzögerung der Reife durch die Permanente Überdachung interpretieren, allerdings spricht die in der Tendenz geringere Fruchtfleischfestigkeit dagegen. Neben der reduzierten Ausfärbung hatte vor allem der reduzierte Ertrag unter der Permanenten Überdachung einen großen negativen ökonomischen Effekt, der aktuell einem großflächigen Einsatz der Überdachung im Wege steht. Daneben zeigte sich eine unzureichende Belastbarkeit der verwendeten Überdachungsmaterialen, die nach fünf Jahren weitestgehend verschlissen waren. Einen Zusatznutzen bot die Permanente Überdachung im Hinblick auf die Fruchtberostung, insbesondere bei der Sorte ‘Freso‘ unter ökologischen Produktionsbedingungen: in allen Untersuchungsjahren wiesen Früchte, die unter der Permanenten Überdachung gewachsen waren, eine geringere Berostung der Fruchtschale verglichen mit im Freiland gewachsenen Früchten auf. Dadurch ließ sich der Anteil am Frischmarkt vermarktbarer Ware steigern, soweit die Überdachungen in den ersten Untersuchungsjahren noch vollständig intakt und damit wasserdicht waren. Dass die Apfelproduktion trotz deutlich reduziertem Einsatz von Pflanzenschutzmitteln im Hinblick auf Krankheitserreger zu deutlich besseren (ÖKO) bzw. zu vergleichbaren (IP) Ergebnissen führte, muss hervorgehoben werden. Der reduzierte Einsatz von Fungiziden spiegelte sich dabei in der Integrierten Produktion, ähnlich wie in der Schweiz (Sullmann, 2022), auch in einer reduzierten Anzahl nachweisbarer Pflanzenschutzmittelrückstände auf den Früchten wider. Letztendlich konnte die Permanente Überdachung die positiven wie auch negativen Ergebnisse aus geographisch südlicher und nördlicher gelegenen Regionen bestätigen (Bertelsen & Lindhard Pedersen, 2014; Zavagli et al., 2016; Kelderer et al., 2018; Zwahlen et al., 2021; Sullmann, 2022).

Auswirkungen der Variablen Überdachung konnten mit Einschränkungen für 2022, da die Installation in 2021 erst nach der Blüteninduktion für das Erntejahr 2022 erfolgte, vor allem aber für 2023 und 2024 gewonnen werden. Die Variable Überdachung hatte zum Ziel, die positiven Effekte der Permanenten Überdachung beizubehalten und gleichzeitig die negativen Effekte zu vermeiden. Im Hinblick auf die Fruchterträge zeigte sich die Variable Überdachung sehr resilient und erreichte in der Integrierten Produktion in drei von vier betrachteten Sorten eine mit dem Freiland vergleichbare Produktivität. Allerdings lagen die Erträge des Variablen Foliendachs bei der sehr produktiven Sorte 'Red Jonaprince' mit 61,7 kg Baum^{-1} deutlich unter den 91 kg Baum^{-1} in der Freilandproduktion (jeweils kumuliert für 2022-2024). Unter ökologischen Produktionsbedingungen ergab sich ein ähnliches Bild, wobei alle vier untersuchten Sorten unter dem Variablen Foliendach einen mit dem Freiland vergleichbaren kumulierten Ertrag für die Periode 2022-2023/2024 aufwiesen. Hinsichtlich der Deckfarbenausprägung ergab sich für 'Fresco' (IP) und 'Braeburn' (ÖKO) im Durchschnitt von drei bzw. vier Jahren (2021-2023/2024) eine bis zu 7 % schwächere Ausfärbung, allerdings wurde in allen Fällen zumindest das Niveau des weißen/transparenten Hagelnetzes erreicht. In der Tendenz über alle Sorten und Jahre waren die inneren Qualitätsparameter Festigkeit, lösliche Trockensubstanz und titrierbare Säure nicht vollständig auf dem Niveau des Freilands, übertrafen aber die Ergebnisse der Permanenten Überdachung. Soweit man von einer Reifeverzögerung sprechen kann, war diese im Vergleich zur Permanenten Überdachung schwächer ausgeprägt. Allerdings gilt auch für die Variable Überdachung, dass eine reduzierte Fruchtfleischfestigkeit eher gegen eine Reifeverzögerung spricht. Im Hinblick auf die Reduktion von Fruchtberostung erreichte die Variable Überdachung einen mit der Permanenten Überdachung vergleichbar positiven Effekt. Leider waren die Effekte zur Reduktion des Schorf- und Lagerfäulenbefalls durch die Verwendung der Variablen Überdachung im Vergleich zur Permanenten Überdachung schwächer ausgeprägt und konnten nicht in jedem Fall den Verzicht auf Pflanzenschutzmittel aufwiegen. Allerdings war bspw. der Fruchtschorfbefall an 'Braeburn' (ÖKO) 2022 in der Freilandproduktion trotz des Einsatzes von Fungiziden gut viermal so hoch im Vergleich zur Verwendung des Variablen Foliendachs ohne Schorffungizide. 2024 lag der Anteil schorfbefallener Früchte aus der ÖKO-Freilandproduktion sogar bis zu zwölfmal höher im Vergleich zum Variablen Foliendach. Im Hinblick auf Lagerfäulen reduzierte die Verwendung der Variablen Überdachung (ohne Fungizide) den Befall in fast allen Fällen gegenüber dem Freiland (mit Einsatz von spezifischen Fungiziden), sowohl in der IP- als auch in der ÖKO-Produktion. Der in einigen Fällen vergleichsweise hohe Schorfbefall an Blättern und Früchten, trotz Verwendung des Variablen Foliendachs, erklärt sich durch Lücken zwischen den Folienbahnen, die im Vergleich zum Permanenten Foliendach schmäleren Folienbahnen und ab 2023 zunehmen auch durch die Materialermüdung und der damit einhergehenden Undichtigkeiten der Folien. Infektionen durch den holzzerstörenden Pilz *Neonectria ditissima* wurden durch die Variable Überdachung in ähnlichem Umfang wie durch das Permanente Foliendach verhindert, allerdings wirkten sich insbesondere die Schließzeit auch im Herbst und Winter negativ auf die Lebensdauer der Folien aus. Negative Effekte der Permanenten Folienüberdachung konnten nicht vollständig abgestellt, zumindest aber abgemildert werden. Gegenüber dem Freiland förderte die Variable Überdachung das Auftreten von Apfelmehltau (*Podosphaera leucotricha*), der Effekt war aber im Vergleich zur Permanenten Überdachung weniger stark ausgeprägt. Ähnlich verhielt es sich

bei der Blutlaus (*Eriosoma lanigerum*): das Variable Dach förderte den Befall zwar, aber im Vergleich zum Permanenten Dach in geringerem Maße. Insgesamt konnte das Variable Dach die Erwartungen an die Fruchterträge und -qualitäten überwiegend erfüllen. In den Fällen, in denen die Ergebnisse nicht den Erwartungen entsprachen, lagen technische Unzulänglichkeiten vor, die bei einer Weiterentwicklung prinzipiell behoben werden könnten, insbesondere dann, wenn das Öffnen und Schließen über einen Automatismus organisiert werden würde. Der Untersuchungszeitraum für das Variable Dach war mit 3-4 Jahre knapp ausreichend lang, besser wäre ein Zeitraum von 7-10 Jahre gewesen, allerdings zeigte sich bereits während der Projektlaufzeit, dass die Anforderungen an das Überdachungsmaterial und Qualität selbiges noch nicht ideal zusammenpassten. Auch aus technischer Sicht hätte das Projekt mit den verbauten Materialen nicht fortgesetzt werden können, bzw. wäre zunächst eine Weiterentwicklung des Systems nötig gewesen. Besonders kritisch war die Verwendung von Kunstoffen für die Überdachungen, die sich durch witterungsbedingte Schäden außerdem als Kleinteile in den Obstanlagen verteilten. Bei einer Weiterentwicklung der Technologie muss der Fokus daher neben der Robustheit vor allem auf die Materialbeschaffenheit, idealerweise auf den Verzicht von Kunststoffen, gelegt werden.

Bereits während der Projektlaufzeit ergab sich die Möglichkeit, auch vor dem Hintergrund der aktuellen politischen Diskussionen, erste Erfahrungen mit einem weiterentwickelten Überdachungssystem zu machen. Durch die Verwendung einer Überdachung mit Photovoltaikpanelen im Rahmen eines Agri-PV-Setups konnten zwei wesentliche kritische Punkte aufgelöst werden: bedingt durch die Konstruktion und inzwischen dreijährige Erfahrungen kann von einer im Vergleich zu den Folienüberdachungen erheblich längeren Lebensdauer ausgegangen werden. Die Verwendung von Glasmodulen anstatt von Foliendächern reduzierte außerdem die Verwendung von Kunststoffen und in der Folge potenziell auch dem Anfall von Mikroplastik in den Obstanlagen. Allerding bedeuten die aktuell angedachten Agri-PV-Systeme einen Rückschritt im Hinblick auf die Lichtverfügbarkeit für die Pflanzen. Ein erster Ansatz mit vollständiger PV-Modulbelegung über den Apfelbäumen wurde daher bereits nach einem Jahr angepasst und in Teilen wurden die Modulreihen durch Kunststoff-Lichtplatten unterbrochen. Die Ergebnisse aus 2023 und 2024 zeigten aber, dass selbst bei Verwendung der Lichtfenster das Ausfärbungsniveau der Früchte maximal auf dem Niveau der Permanenten Überdachung lag. Auch waren das eingesetzte Agri-PV-System nicht ausreichend wasserdicht gestaltete, um Schorf- und Fäulnisinfektionen in jedem Fall in einem mit den Folienüberdachung vergleichbaren Maße zu verhindern. Allerdings konnte Obstbaumkrebs bei der Sorte ‘Nicoter‘ in einem mit den Folienüberdachungen vergleichbarem Maße verhindert werden. Die ersten Ergebnisse zur Agri-PV deckten sich dabei weitgehend mit ersten Erfahrungen anderer Versuchsansteller in Mittel- und Südeuropa (Steinbauer & Rühmer, 2022; Zimmer, 2024; Ott & Haag, 2024; Willockx et al., 2024). Für die Zukunft scheinen Agri-PV-System auf Grund ihrer Robustheit und ihrer vergleichsweise geringen Kosten, zumindest wenn man die Einnahmen aus der Stromproduktion und -vermarktung berücksichtigt, am ehesten geeignet eine geschützte Apfelproduktion und damit eine Reduktion von Pflanzenschutzmitteln zu ermöglichen. Es ist außerdem davon auszugehen, dass Agri-PV-Systeme gegenüber Hagel, Frost, Sonnenbrand und weiteren Wetterunbilden mindestens die Schutzfunktion von Hagelnetzen und Folienüberdachungen übernehmen können. In einem nächsten Schritt wäre es wünschenswert

den Faktor Variabilität der Überdachung auch auf Agri-PV-System zu übertragen. Konkret würde dies bedeuten, dass zeitweise eine vollständige Belichtung der Obstbäume ermöglicht und zu anderen Zeiten die Stromproduktion maximiert würde. Praktischerweise würde der erzeugte Strom auch Mechaniken zum Öffnen und Schließen der Anlagen antreiben können. Aus unserer Sicht könnten Untersuchungen zur Wirkungsweise von Agri-PV-Systemen im Zusammenspiel mit der Obstproduktion in erheblichem Maße zur Weiterentwicklung des geschützten Anbaus von Kernobst beitragen.

Literatur

Arnegger, T., Buchleither, S. & Mayr, U. (2018). Impact of a rain-roof-covering-system on the incidence of fungal diseases, quality parameters and solar radiation in organic apple production. *Proceedings of the 18th International Conference on Organic Fruit-Growing* (S. 57-63). Gehalten auf der ecofruit: 18th International Conference on Organic Fruit-Growing, Hohenheim, Germany: Fördergemeinschaft Ökologischer Obstbau e. V. (FÖKO).

Bertelsen, M. & Lindhard Pedersen, H. (2014). Preliminary results show rain roofs to have remarkable effect on diseases of apples. *Proceedings of the 16th International Conference on Organic Fruit-Growing* (S. 242-243). Gehalten auf der ecofruit: 16th International Conference on Organic Fruit Growing, Hohenheim, Germany: Fördergemeinschaft Ökologischer Obstbau e.V. (FÖKO).

Buchleither, S. & Arnegger, T. (2021). Geschützter ökologischer Anbau von Tafeläpfeln. *Obstbau* **46**: 71-76.

Clever, M. & Görgens, M. (2021). Transparentes Hagelnetz in Norddeutschland – Erfahrungen und Ergebnisse nach neun Jahren. *Mitteilungen des Obstbauversuchsringes des Alten Landes* **76**: 305-308.

Geipel, K. & Kreckl, W. (2006). Ökologischer Anbau von Äpfeln ohne den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln. *Proceedings of the 12th International Conference on Cultivation Technique and Phytopathological Problems in Organic Fruit-Growing* (S. 133-137). Gehalten auf der ecofruit: 12th International Conference on Cultivation Technique and Phytopathological Problems in Organic Fruit-Growing, Weinsberg, Germany: Fördergemeinschaft Ökologischer Obstbau e.V. (FÖKO).

Hahn, A. & Weber, R.W.S. (2025). Das Kernobstjahr 2024 an der Niederelbe. *Mitteilungen des Obstbauversuchsringes des Alten Landes* **80**: 11-30.

Holthusen, H.H.F. (2010, Juli 26). *Climate change and apple yield. Influence of weather and climate on yield formation* (M.Sc. Thesis). Berlin: Humboldt-Universität zu Berlin.

Holthusen, H.H.F. (2022). Feld- und Techniktag mit Ausstellermarkt an der ESTEBURG. *Mitteilungen des Obstbauversuchsringes des Alten Landes* **77**: 382-384.

Holthusen, H.H.F. (2025). Entwicklung der Obstbaumverkäufe 2023/24 – Birnenanbau auf dem Vormarsch. *Mitteilungen des Obstbauversuchsringes des Alten Landes* **80**: 59-64.

Holthusen, H.H.F., Clever, M., Ralfs, J.-P., Hentzschel, M., Knabe, N., Paap, M., Görgens, M. & Köpcke, D. (2023). Feld- und Techniktag 2023 mit Ausstellermarkt an der ESTEBURG. *Mitteilungen des Obstbauversuchsringes des Alten Landes* **78**: 249-256.

Holthusen, H.H.F. & Paap, M. (2024). Entwicklung der Obstbaumverkäufe in der Niederelberegion 2022/23. *Mitteilungen des Obstbauversuchsringes des Alten Landes* **79**: 193-197.

Kelderer, M., Casera, C., Lardschneider, E. & Telfser, J. (2018). Field trials in apple orchards with different covering methods to reduce plant protection treatments and yield losses due to pests and diseases. *Proceedings of the 18th International Conference on Organic Fruit-Growing* (S. 64-70). Gehalten auf der ecofruit: 18th International Conference on Organic Fruit-Growing, Hohenheim, Germany: Fördergemeinschaft Ökologischer Obstbau e. V. (FÖKO).

von Kröcher, C., Klopp, K. & Lamprecht, S. (2015). Altes Land Pflanzenschutzverordnung. *Mitteilungen des Obstbauversuchsringes des Alten Landes* **70**: 206-211.

Lim, K.-H., Gu, M., Kim, B.-S., Kim, W.-S., Cho, D.-H., Son, J.-H., Park, S., Choi, K.-J., Jung, S.-K. & Choi, H.-S. (2015). Tree growth and fruit production of various organic Asian pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai) cultivars grown under a rain-shelter system. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology* **90**: 655-663.

Ott, G. & Haag, N. (2024). Agri-Photovoltaik im Apfel- und Zwetschenanbau. *Obstbau* **49**: 560-563.

Schluchter, M., Späth, S. & Buchleither, S. (2022). Four-year experiences with exclusion netting row covers in an organic apple orchard: handling, relevant pests and diseases. *Proceedings of the 20th International Conference on Organic Fruit-Growing* (S. 94-100). Gehalten auf der 20th International Conference on Organic Fruit-Growing, Weinsberg, Germany: Fördergemeinschaft Ökologischer Obstbau e. V. (FÖKO).

Steinbauer, L. & Rühmer, T. (2022). Leuchtturmprojekt „AgriPhotovoltaikanlage-Obstbau". *Obstbau* **47**: 553-555.

Sullmann, J. (2022). Pflanzenschutzmittelreduktion dank Regenschutzfolie. *Schweizerische Zeitschrift für Obst- und Weinbau* **07 158**: 21-23.

Weber, R.W.S. & Kruse, P. (2024). Analyse der Apfelschorfsaison 2023. *Mitteilungen des Obstbauversuchsringes des Alten Landes* **79**: 57-70.

Weber, R.W.S. & Langer, S. (2024). Die ungewöhnlich frühe Obstblüte der Saison 2024. *Mitteilungen des Obstbauversuchsringes des Alten Landes* **79**: 223-227.

Willockx, B., Reher, T., Lavaert, C., Herteleer, B., Van de Poel, B. & Cappelle, J. (2024). Design and evaluation of an agrivoltaic system for a pear orchard. *Applied Energy* **353**: 122166.

Zavagli, F., Verpont, F., Giraud, M. & Favareille, J. (2016). Réduction d'emploi des produits phytosanitaires. Couvrir les pommiers avec une bâche anti-pluie. *Infos Ctifl* **322**: 33-39.

Zavagli, F., Wenneker, M., Vilardell, P., Spinelli, F., Naef, A., Micheli, F., Kelderer, M., Holthusen, H.H.F., Donati, I., Cabrefiga, J. & Bondesan, D. (2023). Benefits and limitations of apple production under rainproof covers. *Acta Horticulturae* **1378**: 253-260.

Zimmer, J. (2024). Agri-Photovoltaik über Apfelanlagen. Aktuelle Ergebnisse aus der Pilotanalage in Gelsdorf (Teil 1). *Obstbau* **49**: 324-328.

Zwahlen, D., Bravin, E., Reinhard, F., Ackermann, A., Proske, M. & Scheer, C. (2021). Regendächer im Apfelanbau - Mit Folie gegen Schorf. *Schweizerische Zeitschrift für Obst- und Weinbau* **08 157**: 29-32.

Annex I

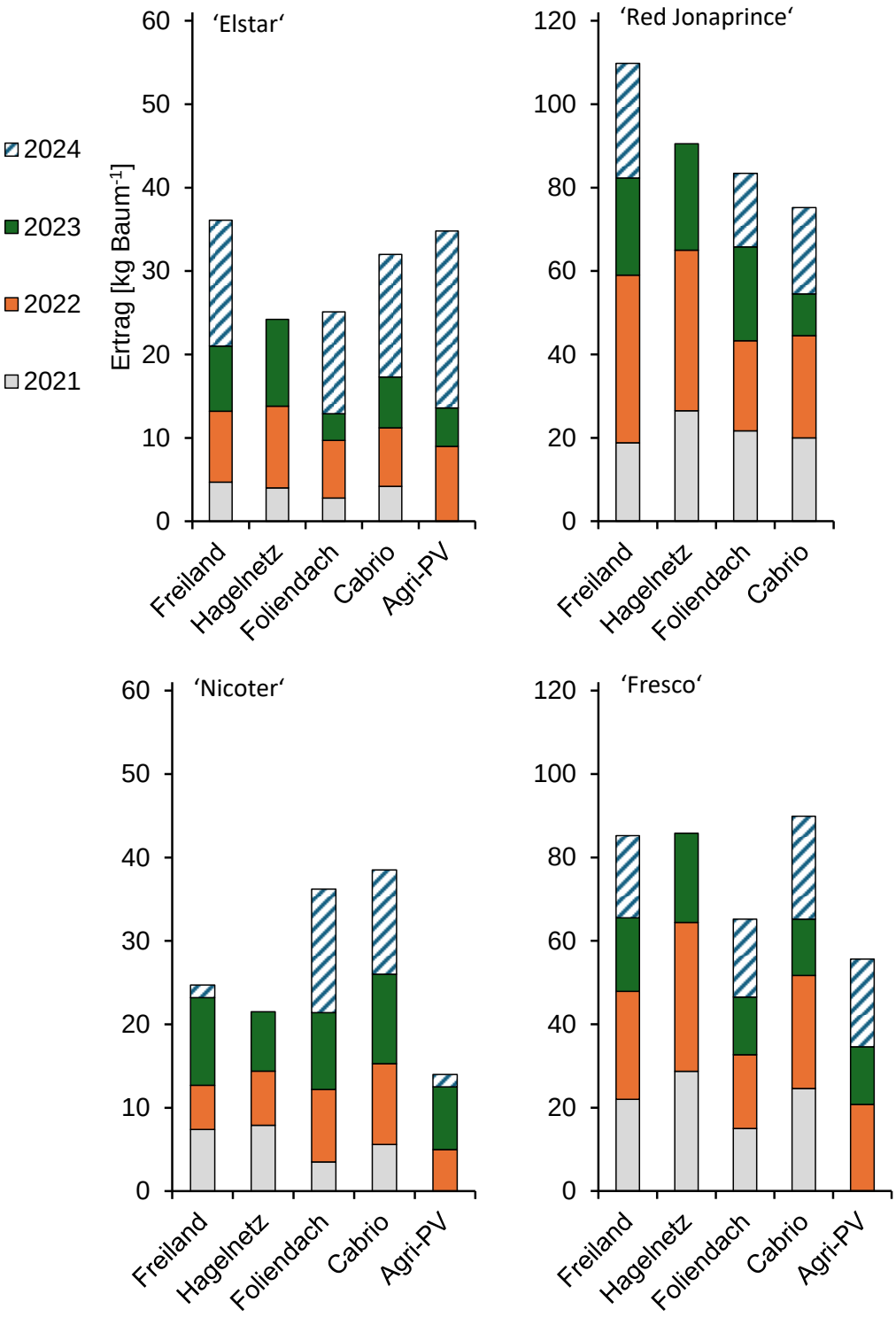

Abb. 15 Summe der jährlichen mittlere Baumerträge, für die Anbauvarianten: Freiland, Hagelschutznetz, permanentes Foliendach, variables Foliendach „Cabrio“ und Agri-PV-Dach, für die Sorten ‘Elstar‘; ‘Red Jonaprince‘, ‘Nicoter‘ und ‘Fresco‘, unter Integrierten Produktionsbedingungen, 2021-2024.

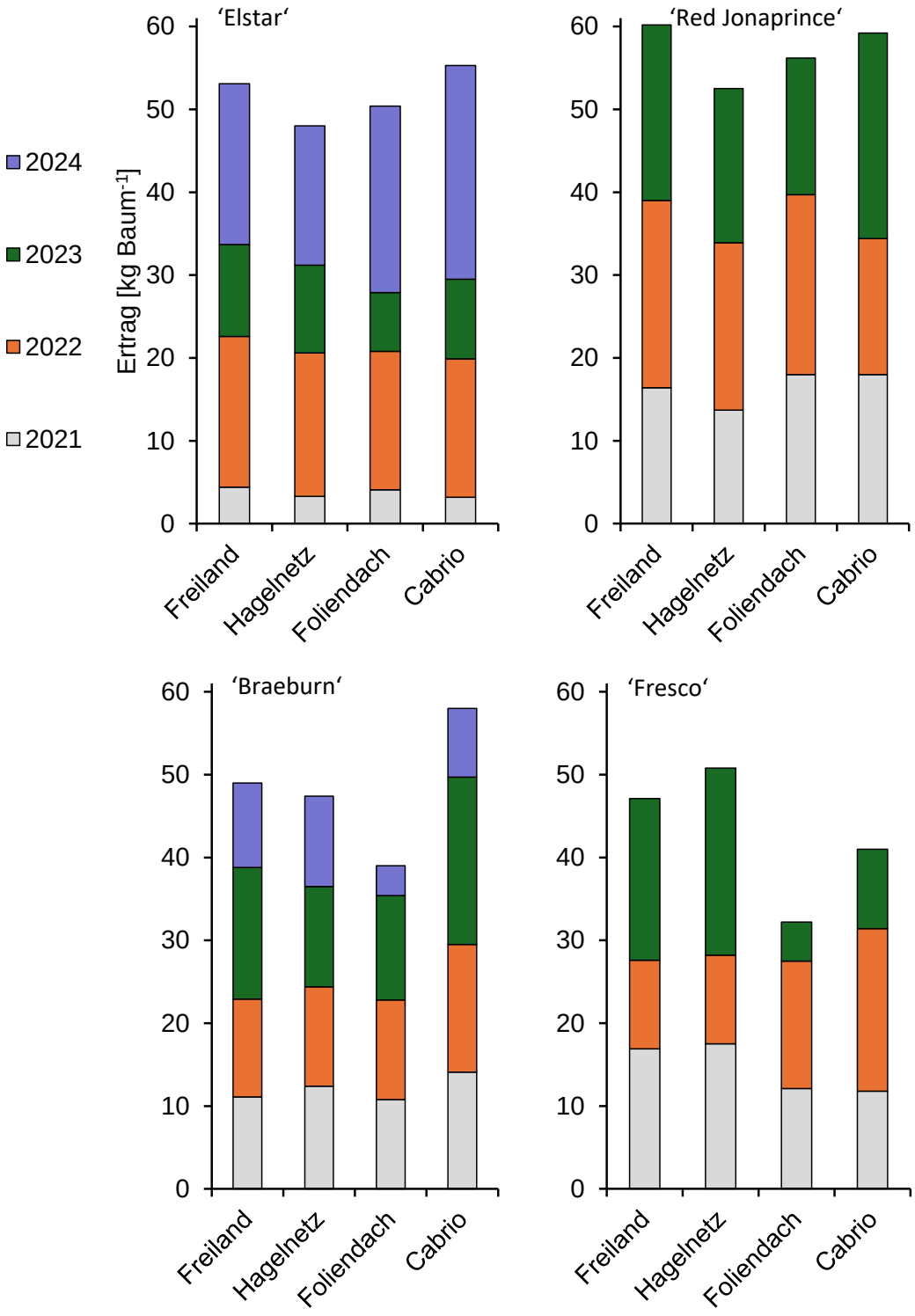

Abb. 16 Summe der jährlichen mittlere Baumerträge, für die Anbauvarianten: Freiland, Hagelschutznetz, permanentes Foliendach, variables Foliendach „Cabrio“ und Agri-PV-Dach, für die Sorten ‘Elstar‘; ‘Red Jonaprince‘, ‘Braeburn‘ und ‘Fresco‘, unter ökologischen Produktionsbedingungen, 2021-2024.

Annex II

Abb. 17 Befall und Baumausfälle durch Obstbaumkrebs (*Neonectria ditissima*) bei der Sorte ‘Nicoter‘ in den Varianten a: Freiland, b: Permanente Überdachung, c: Variable Überdachung, IP-Anlage, Juli 2024.

Abb. 18 Befall durch Blutläuse (*Eriosoma lanigerum*) bei der Sorte ‘Braeburn‘ in den Varianten a: Freiland, b: Permanente Überdachung, c: Variable Überdachung, ÖKO-Anlage, Juli 2024.

Abb. 19 Sichtbare Unterschiede in der Deckfarbenausprägung, der Sorte ‘Elstar‘ zwischen den Varianten a: Freiland, b: Variable Überdachung, c: Permanente Überdachung, IP-Anlage, 2024.