

**bwgV**



**FELSENGARTENKELLEREI**  
B E S I G H E I M



WEINBAUVERBAND  
WÜRTTEMBERG



BADISCHER WEINBAUVERBAND E.V.



LEMBERGERLAND  
K E L L E R E I



HEUCHELBERG  
W E I N G Ä R T N E R

## EIP Agri NIRS Abschlussbericht 2021

**„Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) als innovative Messmethode zur Beurteilung der Traubenqualität in Zeiten des Klimawandels“**



**EUROPÄISCHE UNION**

Europäischer Landwirtschaftsfonds für  
die Entwicklung des ländlichen Raums - ELER  
Hier investiert Europa in die ländlichen Gebiete



**Baden-Württemberg**

MINISTERIUM FÜR LÄNDLICHEN RAUM  
UND VERBRAUCHERSCHUTZ



[www.mepl.landwirtschaft-bw.de](http://www.mepl.landwirtschaft-bw.de)

## Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis .....	3
A. Kurzdarstellung .....	4
I. Ausgangssituation und Bedarf .....	4
II. Projektziel und konkrete Aufgabenstellung .....	4
III. Mitglieder der OG .....	6
IV. Projektgebiet .....	6
V. Projektlaufzeit und -dauer .....	7
VI. Budget .....	7
VII. Ablauf des Vorhabens .....	7
VIII. Zusammenfassung der Ergebnisse .....	8
B. Eingehende Darstellung .....	9
I. Verwendung der Zuwendungen .....	9
II. Detaillierte Erläuterung der Situation zu Projektbeginn .....	12
a. Ausgangssituation .....	12
b. Projektaufgabenstellung .....	14
III. Ergebnisse der OG in Bezug auf .....	15
a. Zusammenarbeit der Operationellen Gruppe .....	15
b. Mehrwert des Formates einer OG für die Durchführung des Projekts .....	15
c. Zusammenarbeit nach Abschluss des geförderten Projekts .....	15
IV. Ergebnisse des Innovationsprojektes .....	15
a. Zielerreichung .....	15
b. Abweichungen zwischen Projektplan und Ergebnissen .....	23
c. Projektverlauf .....	24
d. Beitrag des Ergebnisses zu förderpolitischen EIP Zielen .....	25
e. Nebenergebnisse .....	26
f. Arbeiten, die zu keiner Lösung geführt haben .....	28
V. Nutzen der Ergebnisse für die Praxis .....	28
VI. Geplante Verwertung und Nutzung der Ergebnisse .....	28
VII. Wirtschaftliche und wissenschaftliche Anschlussfähigkeit .....	28
IX. Kommunikationskonzept .....	29

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Abbildung eines NIR-Sensors der Firma Büchi/NIR-Online GmbH, Einsatz in den Versuchen des EIP Projekts NIRS .....	5
Abbildung 2: Projektgebiet der OPG NIRS.....	7
Abbildung 3: Gesundes (links) und belastetes (rechts) Lesegut.....	13
Abbildung 4: Ausgabe und Interpretation des LVWO-Index .....	16
Abbildung 5: Graphische Darstellung der Messgenauigkeit für die einzelnen Parameter und den LVWO Index im Zeitraum 2017 bis 2020 für rote Traubenmaischen.....	18
Abbildung 6: Graphische Darstellung der Messgenauigkeit für die einzelnen Parameter und den LVWO Index im Zeitraum 2017 bis 2020 für weiße Traubenmaischen .....	19
Abbildung 7: Ergebnis der sensorischen Zuordnung der Riesling Weine zur entsprechenden Traubenqualität (-01 Riesling gesund; -02 Riesling faul) .....	21
Abbildung 8: Ergebnis der sensorischen Zuordnung der Samtrot Weine zur entsprechenden Traubenqualität (-03 Maischeerhitzung gesund; -04 Maischeerhitzung faul; -05 Maischegärung gesund; -06 Maischegärung faul) .....	23
Abbildung 9: Hauptkomponentenanalyse unterschiedlicher Aromastoffe nach Rebsortentyp (n = 60).....	27

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Verwendung der Zuwendungen .....	10
Tabelle 2: Messgenauigkeit für die einzelnen Parameter und den LVWO Index im Zeitraum 2017 bis 2020 für rote Traubenmaischen .....	17
Tabelle 3: Messgenauigkeit für die einzelnen Parameter und den LVWO Index im Zeitraum 2017 bis 2020 für weiße Traubenmaischen .....	18
Tabelle 4: ANOVA der NIRS-Daten aus der Felsengartenkellerei im Jahr 2020.....	20
Tabelle 5: ANOVA der NIRS-Daten aus der Felsengartenkellerei im Jahr 2020.....	20
Tabelle 6: Beste und schlechteste Kalibrierungsergebnisse von roten und weißen Traubenmaischen unterschiedlicher Herkunft.....	27

## **A. Kurzdarstellung**

### **I. Ausgangssituation und Bedarf**

Die Auswirkungen des Klimawandels führen in den Weinbaugebieten Baden und Württemberg immer häufiger zu extremen Wetterereignissen. Die Folgen sind erhöhter Krankheitsdruck, invasive Schädlinge und eine veränderte Reifeentwicklung. Diese Faktoren wirken sich auf die Traubengesundheit aus, die zur angestrebten Herstellung qualitativ hochwertiger Weine eine wichtige Rolle spielt. Eine entsprechende kellerwirtschaftliche (oenologische) Behandlung unterschiedlich mit Fäulnis belasteter Traubenpartien sowie eine leistungsgerechte Bezahlung der anliefernden Winzer in Genossenschaften oder Kellereien sind hierbei wichtige Motive.

Die Untersuchung von Traubenmaischen auf Fäulnisparameter wurde bisher in der Praxis wenig gelebt, da die bis dato zur Verfügung stehenden Labormethoden recht aufwändig und zeitintensiv waren. Meist werden lediglich optische Bonituren bei der Anlieferung durchgeführt. Seit langem sucht die (genossenschaftliche) Weinwirtschaft daher nach Möglichkeiten, die Fäulnis der angelieferten Trauben schnell und kostengünstig zu untersuchen. Durch das EIP Agri Projekt „NIRS“ wurde die finanzielle Basis geschaffen, um mittels Nahinfrarotspektroskopie die Messbarkeit von Fäulnis- und Reifeparametern in den Trauben auf Vorstudien basierend weiter zu untersuchen.

Wissenschaftliche Studien haben gezeigt, dass eine Inhaltsstoffbestimmung mittels Nahinfrarotspektroskopie-Messung bei Trauben theoretisch möglich ist. Es fehlte jedoch bislang an einer zuverlässigen Kalibration, ebenso wurde das Verfahren noch nicht auf seine Praxistauglichkeit getestet. Im Rahmen des Projektes wurde mit Hilfe der Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) der Gesundheitszustand der Trauben anhand festgelegter Parameter erfasst. Zur Kalibrierung der Messdaten wurden Proben gezogen und chemisch auf vier Parameter analysiert.

Die Weinerzeuger in den baden-württembergischen Anbaugebieten unterstreichen durch die ständige Fortentwicklung ihrer Qualitätsphilosophie ihren Anspruch, sich am Markt als Qualitätsweinproduzenten zu profilieren sowie dieses Image und ihre Marktstellung zu verbessern. Der Einsatz der innovativen Messung von Inhaltsstoffen während der Traubenannahme trägt zur Erreichung der Ziele bei.

### **II. Projektziel und konkrete Aufgabenstellung**

Über Nahinfrarotspektroskopie kann der Gehalt verschiedener Fäulnisparameter schnell, zuverlässig und In-Line, d.h.: „im Prozess“ bestimmt werden. Eine hohe Innovationskraft steckt in der Möglichkeit, Qualitäten aufgrund vorab festgelegter und programmierter Zielwerte bzw. Wertkorridore auf Basis des automatisierten Messverfahrens zu trennen. Durch den Einsatz der Nahinfrarotspektroskopie werden die Genossenschaften in der baden-württembergischen Weinwirtschaft befähigt, den stetig steigenden Anforderungen an die Produktqualität durch Klassifizierung des Lesegutes bei der Traubenannahme zu entsprechen. Hieraus ergibt sich die Möglichkeit, Qualitäten getrennt zu verarbeiten, was zu deutlichen Verbesserungen der Produkte führt.

Die Nahinfrarotspektroskopie hat gegenüber nass-chemischen Analysemethoden den Vorteil, dass Proben nicht aufbereitet werden müssen und keine Chemikalien benötigt werden. Dies trägt zur Schonung der Umwelt bei.

Basierend auf den Ergebnissen eines im Rahmen des Forschungskreises der Ernährungsindustrie (FEI, Bonn) und von der Raiffeisenstiftung von 2010 bis 2014 geförderten Projektes sollte im vorliegenden EIP Projekt durch weitere Untersuchungen eine NIRS-Kalibration entwickelt werden sowie die Übertragung der Messmethode in die Praxis erfolgen. Da das Ziel der seitherigen Forschung nur der ersten Untersuchung diente, sollten im Rahmen des EIP Projekts weitere Untersuchungen über mehrere Jahre erfolgen, um eine sichere NIRS-Kalibration und damit ein praxistaugliches Verfahren zu entwickeln.

Die Nahinfrarotspektroskopie ist ein indirektes Verfahren, d.h. das Gerät muss für Messungen kalibriert werden. Hierzu müssen authentische Proben gezogen und mittels Referenzanalytik auf ihre chemische Zusammensetzung hin analysiert werden. Die bereits zur Verfügung stehende Kalibrierung aus dem Vorgängerprojekt dient dabei als Basis. Mit Hilfe infrarotspektroskopischer Technologien kann durch eine einzige Messung eine Vielzahl an Informationen über die Probe ermittelt werden, da die Messung über ein breites Spektrum an Wellenlängen erfolgt. Lediglich für die Referenzanalytik zur Erstellung der Kalibrierung muss zunächst eine große Zahl an nasschemischen Analysen durchgeführt werden.



**Abbildung 1:** Abbildung eines NIR-Sensors der Firma Büchi/NIR-Online GmbH, Einsatz in den Versuchen des EIP Projekts NIRS

Um eine ausreichende und solide Datenbasis für die Kalibrierung zu erhalten, erfolgte die Datenerhebung im Projekt über vier Jahre an anfangs zwei verschiedenen – zum Projektende an sieben Standorten in Baden und in Württemberg für die in den beiden Anbaugebieten wichtigsten Rebsorten mit insgesamt 11 Sensoren. Das Sensornetzwerk wurde 2021 nochmals erweitert. Die Ergebnisse aus 2021 lagen zum Zeitpunkt dieses Berichts noch nicht vor, sodass sich die Darstellung der Ergebnisse auf die Versuchsjahre 2017 bis 2020 beschränkt. Somit konnte die ursprünglich im Arbeitsplan festgelegte Probenahme bis 2019 um ein Jahr erweitert werden.

In regelmäßigen Besprechungen vor der Weinlese wurde mit dem wissenschaftlichen Partner, die Probenahme und der Probenumfang für die Referenzanalytik festgelegt. Je nach Standort wurden Referenzproben von identischen und standortspezifischen Rebsorten gezogen. Für die Referenzanalytik war die Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt für Wein- und Obstbau (LVWO) in Weinsberg als wissenschaftlicher Partner zuständig.

Die Projektgruppe strebte zunächst die Anpassung und Weiterentwicklung der Nahinfrarotspektroskopie auf Traubenmaischen an, um Qualitätsparameter im Inline-Verfahren messen zu können. Gleichzeitig war es aber auch das erklärte Ziel der Akteure, die Technologie zur Praxisreife zu bringen. Zentrales Arbeitsfeld war die Kalibrierung der NIR-Geräte auf vier Fäulnisparameter, indem über einen Zeitraum von vier Jahren rund 950 Maischeproben aus der Verarbeitungskette der Winzergenossenschaften entnommen wurden, um diese hiernach chemischen Laboranalysen zu unterziehen. Die Software der NIR-Geräte wurde auf diese Weise fortlaufend aktualisiert und verbessert.

### **III. Mitglieder der OG**

In die operationelle Gruppe (OG) NIRS bestand aus neun Weinerzeuger, drei Verbänden und einem wissenschaftlichen Partner.

Leadpartner der Projektgruppe war der Baden-Württembergische Genossenschaftsverband (BWGV), der auch die Projektkoordination übernahm.

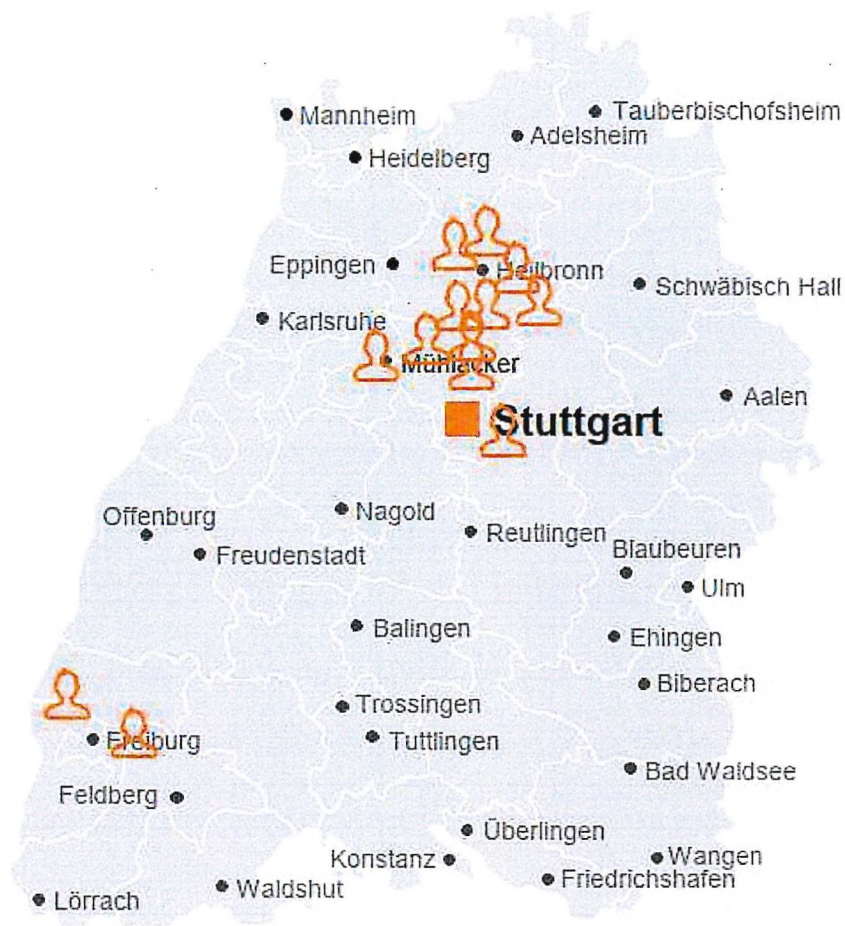
Zu Beginn des Projekts 2017 installierten der Badische Winzerkeller Breisach und die Felsengartenkellerei Besigheim je einen Sensor in einer der Traubenverarbeitungslinien. Im Laufe des Projekts traten der Gruppe der Sensorbetreiber auch die Lauffener Weingärtner, die Winzer vom Weinsberger Tal, die Lembergerland Kellerei Roßwag und die Genossenschaftskellerei Heilbronn bei. Darüber hinaus beteiligten sich die Heuchelberg Weingärtner, die Weingärtner Stromberg-Zabergäu sowie die Württembergische Weingärtner-Zentralgenossenschaft am Projekt. Außerdem wurden weitere Sensoren in baden-württembergischen Genossenschaften eingesetzt, die nicht Mitglied der operationellen Gruppe waren.

Als berufsständische Verbände nahmen der Badische Weinbauverband und der Weinbauverband Württemberg am Projekt teil.

Zusammen mit der Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt für Wein- und Obstbau Weinsberg (LVWO) wurden die Forschungsfragen bearbeitet. Gleichzeitig stand die LVWO Weinsberg zur Durchführung der Referenzanalytik zur Verfügung.

### **IV. Projektgebiet**

Das Projektgebiet erstreckte sich auf die Weinbaugebiete Baden und Württemberg. Nach erfolgreicher Markteinführung der Nahinfrarotspektroskopie für Traubenmaischen nach Projektende wird mittelfristig ein europäisches Anwendungsgebiet angestrebt. Auch der internationale Einsatz der Technologie wäre denkbar.



**Abbildung 2:** Projektgebiet der OPG NIRS

#### **V. Projektlaufzeit und -dauer**

Die Projektlaufzeit erstreckte sich auf einen Zeitraum von rund 4 Jahren und 5 Monaten vom 27. Juli 2017 bis zum 31. Dezember 2021.

#### **VI. Budget**

Der OPG NIRS stand ein bewilligtes Projektbudget in Höhe von 439.082,75 EUR zur Verfügung. Rund 60 Prozent der Fördersumme wurden für die projektbegleitenden Studien durch die LVWO Weinsberg eingeplant und verausgabt. Die übrigen Kostenpositionen waren Direktkosten, projektbezogene Investitionen, allgemeine Betriebskosten sowie laufende Kosten für die Zusammenarbeit (Projektkoordination und Reisekosten). Die genaue Aufteilung der Kosten in Kostenarten findet sich in Tabelle 1.

#### **VII. Ablauf des Vorhabens**

Der Ablauf der einzelnen Projektjahre richtete sich vor allem nach der Weinlese aus. Die operationelle Gruppe fand sich zur Planung der anstehenden Lese im Rahmen einer OPG Sitzung im Sommer zusammen. Hier wurden noch bestehende Schwachstellen des aktuellen Kalibrierungsstandes besprochen sowie Schwerpunkte der Probennahme festgelegt. Letztere erfolgte über den Zeitraum der Weinlese durch die

Betriebe selbst. Die konservierten Proben wurden hiernach über die Wintermonate durch die LVWO Weinsberg analysiert. Eine Nachbesprechung der Lese fand meist Ende November in einer weiteren OPG Sitzung statt. In den OPG Sitzungen fanden sich häufig auch Gäste und interessierte Betriebe ein, um sich über die neusten Entwicklungen der innovativen Technologie zu informieren. Hierdurch konnte das Netzwerk der Sensoren anwendenden Betriebe jährlich ausgebaut werden.

Zum Ende des Projekts waren durch die geplante Weiterentwicklung der Kalibrierung und die Erweiterung des Anwendernetzwerks nach Projektende mehrere Sondertreffen nötig.

### **VIII. Zusammenfassung der Ergebnisse**

Die Ziele des Forschungsvorhabens wurden zu Projektbeginn in einem Arbeitsplan festgehalten.

Dabei war der Fokus auf die jährliche Probennahme in Praxisbetrieben und die nasschemische Untersuchung dieser Proben im Labor gerichtet. Aus den gewonnenen Daten sollte eine Kalibrierung erzeugt werden, indem die mit den NIR-Geräten ermittelten Werte mit denen der Nasschemie in Relation gesetzt wurden. Die Referenzanalytik der Proben sowie Aufbereitung der Ergebnisse im Hinblick auf die Korrelation der Messwerte des Sensors mit der Referenzanalytik wurden durch den wissenschaftlichen Partner durchgeführt.

In insgesamt vier Versuchsjahren wurden authentische Proben unterschiedlicher Rebsorten und unterschiedlicher Fäulnis- und Reifegrade während der Traubenernte entnommen. Diese wurden neben der Referenzanalytik und der NIR-Messung auch einer visuellen Bonitur der Traubenpartien unterzogen.

Die Entwicklung eines Qualitätsindex wurde ebenso umgesetzt wie die kontinuierliche, kritische Bewertung des Abgleichs der Referenzanalytik mit den Daten der NIR-Sensoren bzw. den visuellen Bonituren. Die visuelle Darstellung des Qualitätsindex („LVWO-Index“) mittels einem Ampelsystem war nicht Teil des Arbeitsplans, wurde jedoch darüber hinaus zur intuitiven Handhabung der Ergebnisse erarbeitet.

Im Arbeitsplan war darüber hinaus ein separater, gezielter Ausbau der Weine unterschiedlicher Fäulnisstufen für verschiedene Marktsegmente vorgesehen. Dies wurde im Rahmen einer Technikerarbeit bewerkstelligt. Die hergestellten Weine wurden im Rahmen einer OPG Sitzung verglichen und diskutiert.

Die gewonnenen Erkenntnisse wurden gemäß dem Arbeitsplan in Fachzeitschriften veröffentlicht und in mehreren Fachvorträgen und Pressekonferenzen präsentiert.

Alle im Arbeitsplan vorgesehenen Arbeiten wurden durchgeführt. Im Jahr 2020 erfolgte eine komplette Messreihe (NIRS + Referenzanalytik), die über den ursprünglichen Arbeitsplan hinausging und so die als Ziel avisierte Verfestigung der Kalibrierung weiter voranbrachte. Außerdem erfolgte die Probennahme an weitaus mehr Standorten, als zu Projektbeginn vorgesehen.



## **B. Eingehende Darstellung**

### **I. Verwendung der Zuwendungen**

Die folgende Tabelle führt die Aufteilung der Projektgelder auf. Dabei entfielen wesentliche Anteile auf die projektbegleitenden Studien (58,56 Prozent) sowie Investitionen EDV-Anbindung 19,00 Prozent und Projektkoordination 16,22 Prozent.

Die mit Projektmitteln unterstützten Investitionen (NIR-Sensoren, EDV-Anbindung, Gefrierschränke) werden durch die Felsengartenkellerei Besigheim und den Badischen Winzerkeller weiterhin als Beurteilungsgrundlage für die Qualität der durch die Mitglieder angelieferten Trauben genutzt. In Zusammenarbeit mit anderen Sensorbetreibern soll die Kalibrierungssoftware weiter verbessert werden, sodass ein langfristiger, belastbarer Praxiseinsatz geplant ist.

Tabelle 1: Verwendung der Zuwendungen

Zuwendungsfähige Ausgaben	Fördergelder	Anteil	Beitrag zu Zielerreichung
<b>1. Laufende Kosten der Zusammenarbeit</b>			
Personalausgaben für Projektkoordination: 25%, E13	69.719,73 €		Projektmanagement: Planen, Steuern, Kontrollieren, Kommunikation, Koordination, Abschlussbericht, Geschäftsführung der GbR
Reisekosten der an der OPG beteiligten Akteure	389,00 €		
<b>Summe nach Nummer 1</b>	<b>70.105,73 €</b>	<b>16,22%</b>	
<b>2. Allgemeine Betriebskosten</b>			
allgemeine Betriebskosten der OPG in Höhe von 15 % der Personalausgaben Projektkoordination	10.456,10 €		Ressourcen zur Kommunikation und Koordination, SharePoint, Büromaterialien, OPG Sitzungen
<b>Summe nach Nummer 2</b>	<b>10.456,10 €</b>	<b>2,42%</b>	
<b>3. Direktkosten der Projekte (ohne Investitionen)</b>			
Personalausgaben bei der Badischer Winzerkeller eG	1.500,00 €		Betrieb der NIR Sensoren
Personalausgaben bei der Felsengartenkellerei Besigheim eG	4.500,00 €		Betrieb der NIR Sensoren
Sachausgaben für Öffentlichkeitsarbeit	1.057,54 €		Zugänglichkeit der Forschungsergebnisse für alle OG Mitglieder und für die Öffentlichkeit
Sachausgaben für Übersetzungskosten	0 €		
Softwareintegration an den Versuchsstandorten	9.310,00 €		Nutzung der aktuellen Kalibrierungsversion, Betreuung und Zusammenarbeit mit Firma Büchi
<b>Summe nach Nummer 3</b>	<b>16.367,54 €</b>	<b>3,79%</b>	
<b>4. Direktkosten der Projekte (Investitionsausgaben für projektbezogene Anschaffungen)</b>			

NIR Spektrometer Badischer Winzerkeller eG	38.220,00 €		Installation des NIR Sensors (60% Förderung durch EIP Mittel) zur Aufnahme der Forschungsarbeit, betrieblicher Einsatz auch nach Projektende, Investition in weitere Sensoren ist langfristig geplant
NIR Spektrometer Felsengartenkellerei eG	37.960,34 €		Installation des NIR Sensors (60% Förderung durch EIP Mittel) zur Aufnahme der Forschungsarbeit, betrieblicher Einsatz auch nach Projektende, Investition in weitere Sensoren ist kurzfristig geplant, Nutzung der Messergebnisse der Sensoren als Grundlage für Traubengeldauszahlungssystem mittelfristig geplant
EDV-Anbindung bei der Badischer Winzerkeller eG	2.930,40 €		Anbindung an die Kalibrierungs-Software sowie die Traubenerfassungssoftware
EDV-Anbindung bei der Felsengartenkellerei eG	2.330,40 €		Anbindung an die Kalibrierungs-Software sowie die Traubenerfassungssoftware
Gefriertruhe für die Badischer Winzerkeller eG	342,35 €		Einbinden der NIR Sensoren in bestehende Traubenverarbeitungstechnik
Gefriertruhe für die Felsengartenkellerei eG	342,35 €		Einbinden der NIR Sensoren in bestehende Traubenverarbeitungstechnik
<b>Summe nach Nummer 4</b>	<b>82.125,84 €</b>	<b>19,00%</b>	
<b>5. Kosten projektbegleitender Studien</b>			
begleitende Studie durch die Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt für Wein- und Obstbau Weinsberg	253.079,65 €		Chemische Untersuchungen der Maischeproben, Grundlage für die Erstellung der Kalibrierung. Die bestehende Kalibrierung auf Basis der Messwerte der vier Versuchsjahre soll nach Projektende weiter genutzt und jährlich verbessert werden. Ein Einsatz in der betrieblichen Praxis ist vorgesehen.
<b>Summe nach Nummer 5</b>	<b>253.079,65 €</b>	<b>58,56%</b>	
<b>Gesamtsumme der zuwendungsfähigen Ausgaben</b>	<b>432.134,86 €</b>		

Von der bewilligten Projektsumme in Höhe von 439.082,75 EUR wurden 432.134,86 EUR verausgabt (98,42 %).

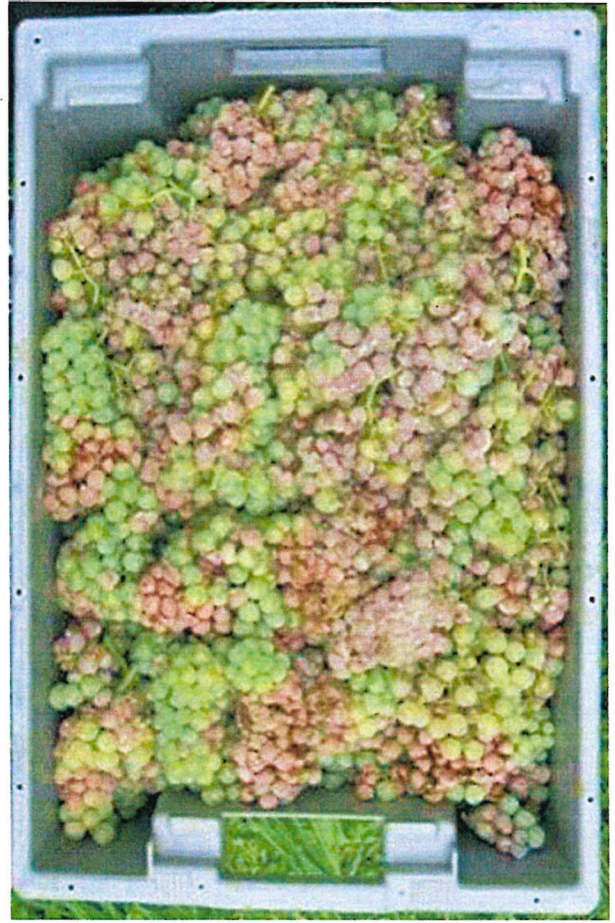
## II. Detaillierte Erläuterung der Situation zu Projektbeginn

### a. Ausgangssituation

Die Auswirkungen des Klimawandels führen in den Weinbaugebieten Baden und Württemberg immer häufiger zu extremen Wetterereignissen. Die Folgen sind erhöhter Krankheitsdruck (wie Peronospora, Echter Mehltau oder Botrytis), invasive Schädlinge (z.B. die Kirschessigfliege) und eine veränderte Reifeentwicklung durch veränderte Temperaturverhältnisse und Wasserversorgung der Reben. Diese Faktoren wirken sich auf die Traubengesundheit aus, die zur angestrebten Herstellung qualitativ hochwertiger Weine eine wichtige Rolle spielt. Eine entsprechende kellerwirtschaftliche (önologische) Behandlung unterschiedlich mit Fäulnis belasteter Traubenpartien sowie eine leistungsgerechte Bezahlung der anliefernden Winzer in Genossenschaften oder Kellereien sind hierbei wichtige Motive.

Die baden-württembergischen Weinerzeuger agieren auf einem durch Auslands- und Inlandsangebote gesättigten deutschen Markt. Perspektivisch wird aufgrund der demografischen Entwicklungen die Anzahl an Konsumenten von Wein in Deutschland schrumpfen. Aus diesem Grunde kann Wachstum lediglich durch Wertschöpfung aus den Produkten und nicht durch Mengenwachstum erzielt werden.

Ohne Professionalisierung und Fokus auf qualitätsorientierte Produktion kann dem zunehmenden Wettbewerbsdruck nicht standgehalten werden. Daher ist eine Differenzierung der Traubenqualität auf Grundlage aussagekräftiger Parameter von höchstem Interesse. Ca. 70% der Rebflächen in Baden-Württemberg werden genossenschaftlich erfasst. Die Auszahlung erfolgt nach Menge und Zuckergehalt in Öchslegraden. Weitere Qualitätsparameter wie z.B. Gesundheitszustand (Botrytisbefall, flüchtige Säure, Mycotoxine) können aktuell nur durch Inaugenscheinnahme der Trauben erfolgen. Die Untersuchung von Traubenmaischen auf Fäulnisparameter wurde in der Praxis wenig gelebt, da die bis dato zur Verfügung stehenden Labormethoden zu aufwändig waren.



**Abbildung 3:** Gesundes (links) und belastetes (rechts) Lesegut

Seit langem sucht die (genossenschaftliche) Weinwirtschaft daher nach Möglichkeiten, die Fäulnis der angelieferten Trauben schnell und kostengünstig zu untersuchen. Durch das EIP Agri Projekt „NIRS“ wurde die finanzielle Basis geschaffen, um mittels Nahinfrarotspektroskopie die Messbarkeit von Fäulnis- und Reifeparametern in den Trauben auf Vorstudien basierend weiter zu untersuchen.

Mit der Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) steht in vielen Bereichen der Nahrungs- und Futtermitteluntersuchung eine Möglichkeit zur objektiven Messung von qualitätsrelevanten Parametern, zur Verfügung. Die innovative Technik der Nahinfrarot-Spektroskopie erlaubt die Messung im Inline-Verfahren während der Anlieferung ohne zeitliche Verzögerung und höheren Aufwand für die Probenaufbereitung.

Wissenschaftliche Studien haben gezeigt, dass eine Inhaltsstoffbestimmung mittels Nahinfrarotspektroskopie-Messung bei Trauben theoretisch möglich ist. Es fehlt jedoch bislang an einer zuverlässigen Kalibration, ebenso wurde das Verfahren noch nicht auf seine Praxistauglichkeit getestet. Im Rahmen des Projektes wurde mit Hilfe der Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) der Gesundheitszustand und die Reife der Trauben anhand festgelegter Parameter erfasst. Zur Kalibrierung der Messdaten wurden Proben gezogen und chemisch auf vier Parameter analysiert.

Die erhaltenen Informationen aus den NIR-Messungen können einerseits zur objektiven Qualitätsbeurteilung in Verbindung mit einer entsprechenden Vergütung herangezogen werden, andererseits können die Ergebnisse direkt für die selektive, qualitätsbezogene Weiterverarbeitung der Trauben verwendet werden.

Die Weinerzeuger in den baden-württembergischen Anbaugebieten unterstreichen durch mit dem EIP Agri Projekt „Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) als innovative Messmethode zur Beurteilung der Traubenqualität in Zeiten des Klimawandels“ die ständige Fortentwicklung ihrer Qualitätsphilosophie sowie ihren Anspruch, sich am Markt als Qualitätsweinproduzenten zu profilieren sowie dieses Image und ihre Marktstellung zu verbessern.

#### **b. Projektaufgabenstellung**

Ziel dieses Projektes war, die Technik der Nahinfrarotspektroskopie erfolgreich für den Einsatz zur Qualitätsbewertung von Trauben in der Praxis weiterzuentwickeln. Es fehlte jedoch bislang an einer zuverlässigen Kalibration; ebenso wurde das Verfahren noch nicht auf seine Praxistauglichkeit getestet.

Um eine ausreichende und solide Datenbasis für die Kalibrierung zu erhalten, sah der Arbeitsplan die Probenahme an zwei Standorten (badischer Winzerkeller und Felsengartenkellerei) über drei Jahre hinweg vor. Der Probenahmezeitraum konnte letztlich um ein Jahr und um neun weitere Sensoren ausgedehnt werden. Wie vorgesehen erfolgt die Probenahme in Baden und in Württemberg für die in den beiden Anbaugebieten wichtigsten Rebsorten. Weitere Standorte kamen in den letzten Monaten des Projekts zur Lese 2021 hinzu. Die in der Lese 2021 genommenen Proben konnten bis zur Erstellung dieses Abschlussberichts noch nicht vollständig untersucht und ausgewertet werden. Daher beschränkt sich die Darstellung der Ergebnisse auf die Probenahmen der Jahre 2017 bis 2020 (im Arbeitsplan war lediglich der Zeitraum 2017 bis 2019 vorgesehen).

Im Rahmen der Referenzanalytik wurden in vier Projektjahren insgesamt 952 Proben auf die Fäulnisparameter Essigsäure, Gluconsäure, Glycerin und Ergosterin durch die LVWO Weinsberg untersucht. In Folge mehrerer Jahrgänge mit allgemein gesundem Traubengut hatte die Kalibrierung zunächst Lücken in höheren Wertebereichen. Daher lag der Fokus der Messungen auf faulen Traubenpartien, um eine gleichmäßige Datenbasis sicherzustellen. Bei den Festlegungen zur Probenahme spielten auch immer die Beobachtungen aus der Praxis zum aktuellen Jahrgang eine wichtige Rolle. Diese wurden vor allem im Rahmen der OG Sitzungen zusammengetragen.

Die ermittelten Referenzdaten sollten mit visuellen Bonituren verglichen, in Zusammenarbeit mit der Firma Büchi in die Kalibrierungs-Software für die NIR-Geräte eingearbeitet und die überarbeitete Kalibrierung auf die NIR-Messgeräte übertragen werden, um die Untersuchungsergebnisse bereits in der kommenden Leseperiode anwenden zu können. Gemäß dem Arbeitsplan wurde die Kalibrierung so kontinuierlich verbessert.

Erklärtes Ziel der Projektteilnehmer war es, die Kalibrierung über die Projektlaufzeit durch Einpflegen von großen Datenmengen so zu verfestigen, dass ein Einsatz nach Projektende in der Praxis möglich ist. Durch die Messergebnisse der Nahinfrarotsensoren werden die Genossenschaften in die Lage versetzt, angelieferte Trauben im Herbst bei der Traubenannahme gezielter zu selektieren und entsprechend ihrer Qualität zu verarbeiten. Neben einer generellen Qualitätsverbesserung wird dadurch die gezielte Produktion für bestimmte Marktsegmente sowie eine leistungsgerechtere Bezahlung der anliefernden Winzer möglich.

In diesem Zusammenhang war im Arbeitsplan auch der Ausbau von Versuchswainen aus unterschiedlich stark belasteten Traubenpartien vorgesehen. Dieser wurde im Rahmen einer Technikerarbeit durchgeführt. Dabei sollte der Fragestellung nachgegangen werden, ob Trauben, die laut NIRS und LVWO-Index in unterschiedliche Kategorien aufgeteilt werden, tatsächlich mikrobiell anfällig sind und ob sich aus den jeweiligen Partien Weine mit unterschiedlichen sensorischen Eigenschaften ergeben würden.

Die Zwischenstände der Forschung wurden regelmäßig im Rahmen von OG Sitzungen diskutiert und in mehreren Fachzeitschriften, auf Messen und bei Vorträgen veröffentlicht und der Branche zugänglich gemacht.

### **III. Ergebnisse der OG in Bezug auf**

#### **a. Zusammenarbeit der Operationellen Gruppe**

Jährlich fanden mindestens zwei Sitzungen mit allen Akteuren statt. Im Rahmen dieser Sitzungen wurden die bisherigen Ergebnisse der Kalibrierung sowie die Art der Probenahme diskutiert. Darüber hinaus wurde über die vorhandenen Fördermittel entschieden. Bedingt durch die Covid-19-Pandemie fanden mehrere OPG Sitzungen virtuell statt.

Alle gewonnenen Ergebnisse, Publikationen, Protokolle und Bescheide standen allen Teilnehmern immer tagesaktuell auf einer SharePoint Plattform zur Verfügung.

Beim Leadpartner stand den Projektteilnehmern ständig ein Ansprechpartner zur Verfügung. Dieses Angebot wurde gut genutzt. Koordination und Abstimmung wurden vielfach per Mail, telefonisch oder im persönlichen Gespräch bewerkstelligt.

#### **b. Mehrwert des Formates einer OG für die Durchführung des Projekts**

Durch regelmäßige OG Treffen konnte ein intensiver Austausch von Wissenschaft und Praxis erreicht werden. Dies ermöglichte den teilnehmenden Genossenschaften die Auseinandersetzung mit wissenschaftlichem Arbeiten und mit der Interpretation von Rohdaten im Hinblick auf konkrete Fragestellungen. Umgekehrt wurde durch die intensiven Diskussionen sichergestellt, dass der wissenschaftliche Partner die Anforderungen der Praxis kennt und seine Forschungen entsprechend ausrichten kann. Sehr fruchtbar war der Austausch bei der Beurteilung von Fragen, die während der Projektlaufzeit aufgekommen sind. Beispielsweise wurden die Fragen nach der Anzahl zu ziehender Proben oder nach der Homogenisierung der Proben unterschiedlich beurteilt. Die Bereitschaft, Kompromisse zu schließen und sich auf andere Beurteilungsgrundlagen und Sichtweisen einzulassen, war jedoch stets gegeben. Demnach trugen die OG Sitzungen zur Horizonterweiterung aller Projektmitglieder bei.

#### **c. Zusammenarbeit nach Abschluss des geförderten Projekts**

Die OG möchte die im Rahmen des Projekts entwickelte Kalibrierung nach Projektende in der Praxis nutzen. Hierfür ist die jährliche Fortführung und Verbesserung der Referenzanalytik geplant. Es ist eine weitere Zusammenarbeit mit der LVWO Weinsberg vorgesehen. Gleichzeitig soll das Netz der Anwender ausgebaut werden. Zur Bündelung der ideellen und finanziellen Herausforderungen und als Eigentümer der über die Projektlaufzeit entwickelten Kalibrierung ist die Gründung einer Gesellschaft geplant.

### **IV. Ergebnisse des Innovationsprojektes**

#### **a. Zielerreichung**

Zentrales Aufgabenfeld des EIP Projekts war es, eine Kalibrierung für den Einsatz von NIR-Geräten zu entwickeln, um Traubenmaischen zum Zeitpunkt der Anlieferung in Echtzeit untersuchen zu können. Ansporn dafür waren die Vorteile, die die NIR-Technologie bietet: Das Nahinfrarot-Licht hat eine hohe Eindringtiefe, Luftblasen stellen kein Hindernis dar (eine Aufarbeitung der Probe ist daher nicht nötig). Es kann direkt im Prozess zehnmal pro Sekunde gemessen werden. Der Einbau eines solchen Systems ist direkt in der Maischeleitung möglich. Die Partien können im Vorbeifließen sehr detailliert gemessen und entsprechend ihrer Qualität sofort sortiert werden.

Neben Essigsäure, Glycerin und Gluconsäure wurde Ergosterin als Analyseparameter zur Ermittlung der Traubenqualität herangezogen. Ergosterin ist ein Stoff, der in den Zellwänden von verschiedenen Schimmelpilzen vorkommt. Der Ergosterin-Wert zeigt somit den Grad des Befalls mit Pilzen an. Die weiteren untersuchten Stoffe entstammen dem Zuckermetabolismus und sind ein Zeichen für eine (unerwünschte) mikrobielle Aktivität in der Weintraube.

Die für die Analyse eingesetzte NIRS-Technik ist zunächst jedoch für die Analyten „blind“. Es wird lediglich ein Nahinfrarot-Spektrum der Probe aufgenommen. Um diesem Spektrum auch Analysewerte zuordnen zu können, muss die jeweilige Probe separat auf die gewünschten Parameter nasschemisch analysiert und das Gerät mit den Ergebnissen kalibriert werden.

Mit zunehmender Probenanzahl und Ergebnissen aus der Referenzanalytik „lernt“ das Gerät, die Zusammensetzung einer neuen, unbekanntenen Probe abzuschätzen. Diese Abschätzung wird umso zuverlässiger, je mehr Proben in der zur Abschätzung verwendeten Datenbank zur Verfügung stehen und je mehr unterschiedliche Proben (Rebsorten, Qualitäten, Fäulnisgrade) zur Erstellung der Datenbank verwendet wurden.

So wurden über 952 Maischeproben in den Jahren 2017 bis 2020 mittels NIRS und mittels nasschemischer Referenzanalytik gemessen. Aus den erhaltenen Analysedaten wurde eine Kalibrierung für das NIR-Spektrometer erstellt. Die gemessenen Werte der NIR-Geräte wurden fortlaufend durch die Laboranalysen korrigiert, wodurch die Kalibrierung sowie die Vorhersagegenauigkeit der NIR-Geräte über vier Jahre hinweg verbessert wurde. Das heißt, dass unabhängig von Standort und Rebsorten zuverlässige Vorhersagen für die „eintrainierten“ Parameter durch die NIRS-Ausgabe geliefert werden können.

Um die Sicherheit der Analysen-Aussage weiter zu erhöhen, wurde ein Gesundheitsindex ("LVWO Index") auf Basis der Zusammenhänge zwischen den Einzelparametern als dimensionslose Zahl entwickelt, der die Proben in vier Klassen einteilt: perfekt, gut, verdächtig, faul.

- perfekt (LVWO-Index: 0 – 2,5),
- gesund (LVWO-Index: 2,6 – 4,5),
- verdächtig (LVWO-Index: 4,6 – 7,5),
- faul (LVWO-Index > 7,5)

Die OG hat sich im Projektverlauf darauf geeinigt, Werte über 10 nicht mit ihrem Zahlenwert, sondern „>10“ anzugeben. Da Maischen mit einem LVWO-Index über 10 auch sensorisch als eindeutig faul zu identifizieren sind, kann auf die Ausgabe eines höheren Indexwerts verzichtet werden. Die Vorhersagegenauigkeit der Kalibrierung konnte hierdurch verbessert werden.

Der Index wird zusätzlich zu den anderen vier Parametern am NIR-Sensor angezeigt. Zur intuitiven Interpretation werden die Werte des LVWO-Index in einem Ampelsystem dargestellt und können so auch zur Ausgabe an die anliefernden Winzer genutzt werden.

LVWO-Index	Qualität
0,0 – 2,5	perfekt
2,6 – 4,0	gut
4,1 – 7,4	verdächtig
> 7,5	faul

Abbildung 4: Ausgabe und Interpretation des LVWO-Index



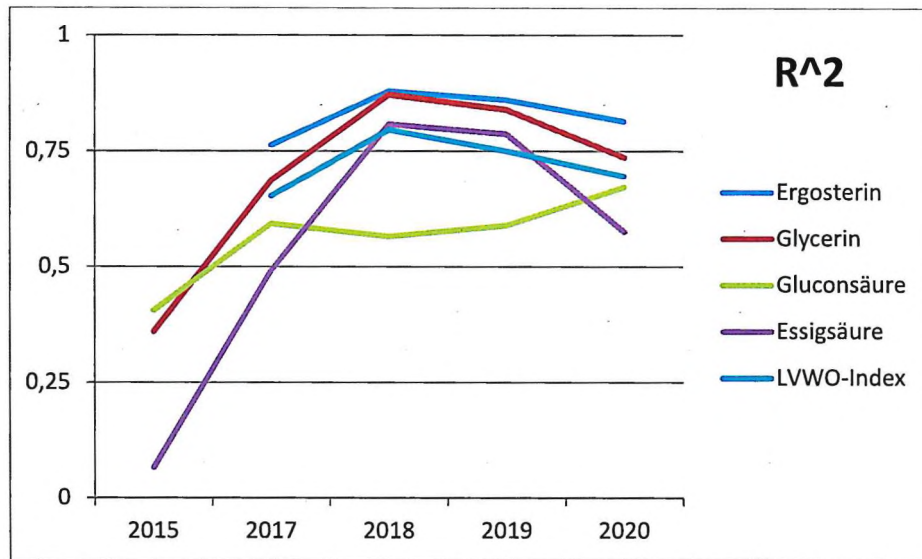
Die Berechnung eines Gesundheitsindex (LVWO-Index) verbessert die Kontrolle über die Produktqualität und gibt schnell Antwort, um faules Traubengut besser zu erkennen. Mit einer kommerziellen Markteinführung des Gerätes und des LVWO-Indexes in Deutschland wird in den nächsten Jahren gerechnet.

Der LVWO-Index leitet sich aus den Einzelwerten der vier Verderbsparameter ab, die in unterschiedlicher Gewichtung – je nach ihrer Wichtigkeit und Häufigkeit des Auftretens in einer Probe – miteinander zu einem Summenparameter, dem Index, verrechnet werden.

Für die einzelnen Parameter und den LVWO-Index wurden Vorhersagegenauigkeiten ermittelt, die die Korrelation der NIRS-Werte mit den nasschemischen Analysewerten abbilden. Diese sind in den folgenden Graphiken und Tabellen detailliert dargestellt.

**Tabelle 2:** Messegenauigkeit für die einzelnen Parameter und den LVWO Index im Zeitraum 2017 bis 2020 für rote Traubenmaischen

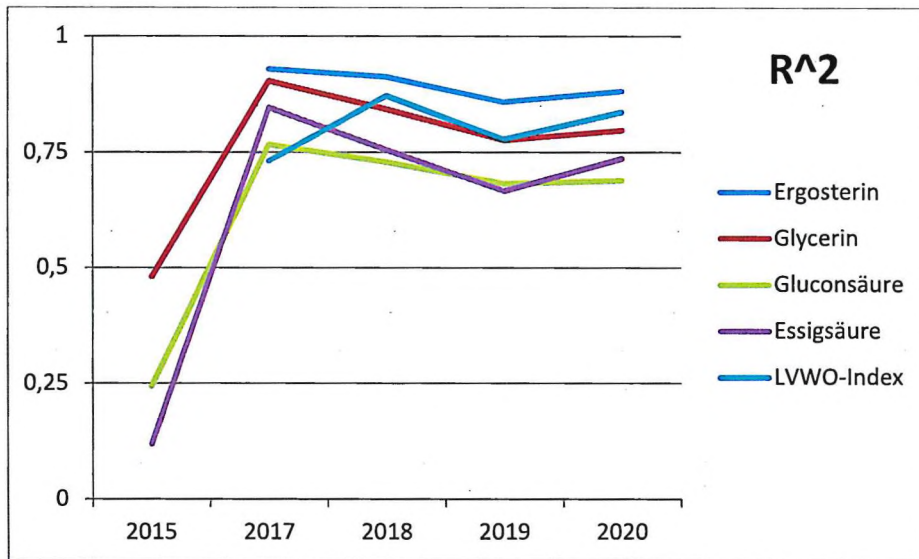
Parameter	R <sup>2</sup> <sub>cv</sub>				SECV [mg/kg] bzw. [g/kg]			
	2017	2018	2019	2020	2017	2018	2019	2020
Ergosterin	0,763	0,879	0,860	0,814	0,56	0,64	0,73	0,74
Glycerin	0,687	0,871	0,839	0,736	0,08	0,08	0,11	0,11
Gluconsäure	0,593	0,565	0,589	0,672	0,17	0,19	0,36	0,38
Essigsäure	0,491	0,808	0,787	0,575	0,11	0,10	0,19	0,11
LVWO-Index	0,653	0,796	0,750	0,696	1,14	1,29	2,86	2,02



**Abbildung 5:** Graphische Darstellung der Messegenauigkeit für die einzelnen Parameter und den LVWO Index im Zeitraum 2017 bis 2020 für rote Traubenmaischen

**Tabelle 3:** Messegenauigkeit für die einzelnen Parameter und den LVWO Index im Zeitraum 2017 bis 2020 für weiße Traubenmaischen

Parameter	R <sup>2</sup> <sub>cv</sub>				SECV [mg/kg] bzw. [g/kg]			
	2017	2018	2019	2020	2017	2018	2019	2020
Ergosterin	0,929	0,912	0,858	0,881	0,51	0,53	0,74	0,61
Glycerin	0,903	0,842	0,776	0,797	0,11	0,14	0,19	0,16
Gluconsäure	0,766	0,729	0,682	0,689	0,22	0,24	0,30	0,23
Essigsäure	0,846	0,755	0,666	0,737	0,03	0,04	0,07	0,04
LVWO-Index	0,731	0,871	0,778	0,836	1,22	1,09	1,64	1,23



**Abbildung 6:** Graphische Darstellung der Messegengenauigkeit für die einzelnen Parameter und den LVWO Index im Zeitraum 2017 bis 2020 für weiße Traubenmaischen

Insgesamt wurden über die vier Projektjahre 579 Maischeproben roter, 358 weißer Traubensorten ohne Sortenangabe analysiert (25 Proben ohne Kennzeichnung).

Zum Ende des Projekts korrelierten die durch die Nasschemie ermittelten LVWO-Indices mit den ausgegebenen LVWO-Indices durch die NIRS-Geräte mit einer Genauigkeit (=Korrelationskoeffizienten) von 69,6 Prozent bei roten und 83,6 Prozent bei weißen Traubenmaischen. Die Ergebnisse der Messungen aus der Lese 2021 sind hier noch nicht eingearbeitet.

Datenlücken zeigen sich in den erstellten Kalibrierungen insbesondere im mittleren und oberen Messbereich der einzelnen Parameter. Dies ist zwangsläufig den sehr guten Witterungsbedingungen in den laufenden Projektjahren geschuldet. Wirkliche Fäulnis, wie sie in den 1990er und den 2000er Jahren regelmäßig auftrat, konnte nur teilweise im Lesejahr 2020, in dem es partiell zur Ausbildung von Essigfäule und Peronospora kam, festgestellt werden. Für eine stabile und valide Datengrundlage sind solche Proben jedoch unabdingbar. Das Projekt wird ab dem Jahr 2021 teilweise, ab 2022 vollständig in finanzieller Eigenverantwortung durch die OG fortgeführt. Die Witterungsverhältnisse waren 2021 zum ersten Mal seit Beginn der Projektlaufzeit so, dass vermehrt Proben aus dem mittleren und oberen Kalibrierungsbereich in die Datenbank einfließen können. Da die Analyse der Proben erst 2022 begonnen wird, können hierzu noch keine detaillierten Aussagen getätigt werden.

Die unterschiedlichen Rebsorten zeigen teilweise jeweils deutliche Unterschiede. Auffällig ist in diesem Zusammenhang immer wieder, dass einige Rebsorten von den Winzern „über Gebühr“ am Stock belassen werden, um die Öchslegrade bis zum letzten Punkt auszureizen. Allerdings tritt hier dann häufig schon die Problematik auf, dass sich Fäulnis auf den Trauben bildet, diese aber rein optisch noch nicht sichtbar ist. Hier kann die NIRS allerdings ihren großen Vorteil ausspielen, dass sie diese Fäulnis detektieren kann, während sie für das menschliche Auge noch nicht erkennbar ist.

In der folgenden Tabelle ist sehr gut ersichtlich, dass gerade die Sorten Samtrot, Acolon, Traminer und Schwarzriesling besonders hohe Werte aufweisen. Ganz besonders auffällig ist hier der hohe Öchslegehalt von Samtrot, der ein Anzeichen ist, dass diese Rebsorte offenbar zu sehr im Weinberg „ausgereizt“ wurde, um die Öchsle zu steigern. Gleichzeitig erhöht sich damit jedoch die Gefahr eines Fäulnibefalls, der sich deutlich in den Verderbsparametern ablesen lässt.

**Tabelle 4:** ANOVA der NIRS-Daten aus der Felsengartenkellerei im Jahr 2020

	Ergosterin	Essigsaeure	Glycerin	Gluconsaeure	LVWO-Index	Oechsle
Samtrot	1,861	0,232	0,257	0,525	5,002	106,063
Acolon	2,662	0,312	0,319	0,573	6,604	91,551
Traminer	2,289	0,109	0,627	0,638	5,089	100,011
Cabertin	1,450	0,240	0,250	0,380	4,400	101,200
Cabernet Mitos	1,283	0,289	0,262	0,469	4,774	93,874
Schwarzriesling	1,521	0,225	0,194	0,479	4,421	97,926

Bei den tiefdunkel gefärbten Rebsorten besteht hingegen die Gefahr, dass durch die dunkle Schale auftretende Fäulnis rein optisch erst sehr spät oder gar zu spät detektiert wird. Auch hier kann die NIRS also einen guten Beitrag leisten, die subjektiven Eindrücke einer rein optisch durchgeführten Bonitur mit unbestechlichen Daten zu untermauern.

Auch der Einfluss der Beerengröße, also das Verhältnis zwischen Schale und Fruchtfleisch wurde diskutiert. So können bei sehr unterschiedlich großen Beeren, wie zum Beispiel dem sehr voluminösen Trollinger und dem sehr kleinbeerigen Spätburgunder-Klon Mariafeld, beträchtliche Unterschiede vorherrschen. Es wäre daher zu vermuten, dass es durch den höheren Flüssigkeitsanteil beim Trollinger im Vergleich zum Spätburgunder zu einem Verdünnungseffekt und damit zu geringeren Fäulniswerten kommt. Dies konnte aber im Rahmen der Untersuchungen nicht bestätigt werden. Auch hier zeigt sich die NIRS unbestechlich, siehe hierzu auch die folgende Tabelle.

**Tabelle 5:** ANOVA der NIRS-Daten aus der Felsengartenkellerei im Jahr 2020

	Ergosterin	Essigsaeure	Glycerin	Gluconsaeure	LVWO-Index	Oechsle
Spätburgunder	1,138	0,178	0,162	0,383	3,454	98,783
Portugieser	1,187	0,242	0,206	0,513	4,307	77,838
Lemberger	1,178	0,208	0,148	0,367	3,692	86,554
Weißer Burgunder	1,169	0,071	0,274	0,251	2,534	95,810
Trollinger	0,871	0,204	0,146	0,426	3,456	78,730

Es ist offensichtlich, dass der Trollinger bei deutlich geringerer Reife (niedrige Öchslewerte) gelesen wurde. Trotzdem weist er im Mittel nahezu exakt den gleichen LVWO-Index wie Spätburgunder auf. Im Verhältnis zur Flüssigkeitsmenge enthielt der Trollinger also deutlich mehr Fäulnis trotz der insgesamt geringeren Reife. Die anderen Rebsorten, die zum Vergleich angegeben sind und ähnlich unterschiedliche Beerengrößen aufweisen, bestätigen diese Aussage. So ist der Portugieser eher den großbeerigen Sorten zuzurechnen, zeigt ähnlich niedrige Öchslewerte wie der Trollinger, aber einen deutlich höheren LVWO-Index im Mittel, wurde also entweder zu lange am Stock belassen, um einen gewünschten Reifegrad zu erzielen, und/oder die Bonitur beziehungsweise die Vorlese erfolgte nicht selektiv genug.

Die Ergebnisse der NIRS Messungen können nutzbar gemacht werden, indem unterschiedlich belastete Traubenpartien getrennt und önologisch bearbeitet werden. Es stellte sich die Frage, ob Trauben, die laut NIRS und LVWO-Index in unterschiedliche Kategorien aufgeteilt werden, tatsächlich mikrobiell anfällig sind und ob sich aus den jeweiligen Partien Weine mit unterschiedlichen sensorischen Eigenschaften ergeben würden.

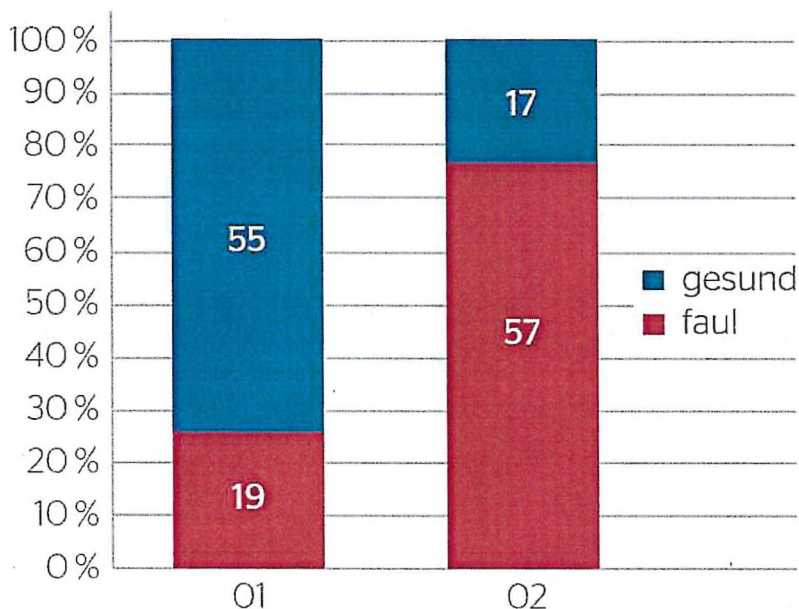
Im Rahmen einer Technikerarbeit wurden daher Traubenmaischeproben der Rebsorten Riesling und Samtrot unterschiedlichen Gesundheitszustandes mittels NIRS vermessen, nach LVWO-Index in unterschiedliche Qualitätsklassen eingeteilt und jeweils separat verarbeitet.

Zur sensorischen Charakterisierung der Weine wurden eine deskriptive Sensorik sowie eine Kategorisierungsabfrage durchgeführt. In einer Vorverkostung waren Attribute für Farbe, Geruch, Geschmack sowie für ein Gesamturteil auszuwählen. Die vorfestgelegten Attribute sollten Rückschlüsse auf den mikrobiellen Status der Proben bei der Weinbereitung zulassen. Die Kategorisierungsabfrage wurde jeweils im Anschluss an die deskriptive Sensorik zur direkten Zuordnung der Parameter »faul« und »gesund« zu den Proben durchgeführt. Die Weine wurden von einem geschulten Panel bewertet.

Die Traubenannahme der Riesling-Trauben und deren Messung mittels NIRS zeigten, dass die Trauben in die Kategorie »gesund« – mit 4,5 gerade an der oberen Grenze – und in die Kategorie (Index 15,5) »faul« des LVWO-Index eingeordnet werden konnten. Insbesondere die Werte für Ergosterin, Glycerin und Gluconsäure waren erhöht.

Der höhere Fäulnisanteil resultierte in höherem Extrakt, mehr Glycerin und einer verstärkten Braunfärbung. Die gesunde Variante wurde als farbschwächer, fruchtintensiver, weniger muffig, weniger pilzig und weniger bitter eingestuft. Darüber hinaus wurde weniger flüchtige Säure wahrgenommen.

Bei der Bewertung nach dem DLG-5-Punkte-Schema schnitten die gesunde Variante mit 2,61 Punkten und die faule Variante mit 2,16 Punkten ab. Beide Weine hätten damit im Rahmen der Qualitätsweinprüfung einen positiven Bescheid erhalten. In Anbetracht des gemessenen Gesundheitszustandes der faulen Variante ist dies verwunderlich. Umso erstaunlicher ist daher auch das Ergebnis der Verkostung in Bezug auf die Zuordnung des Weines zum entsprechenden Ausgangsmaterial. Der verdächtigen Variante wurde von 26 Prozent der Prüfenden das Attribut faul und von 74 Prozent gesund zugeordnet. Die faule Variante wurde von 77 Prozent der Prüfer als faul und von 23 Prozent als gesund eingestuft. Die unterschiedliche Weinqualität war folglich deutlich erkennbar.



**Abbildung 7:** Ergebnis der sensorischen Zuordnung der Riesling Weine zur entsprechenden Traubenqualität (-01 Riesling gesund; -02 Riesling faul)

Die Traubenannahme der Samtrot-Trauben und deren Messung mittels NIRS zeigten, dass beide für diesen Versuch verwendeten Partien von deutlich unterschiedlicher Qualität waren (gesund: LVWO-Index 1,0; faul: LVWO-Index 14,4).

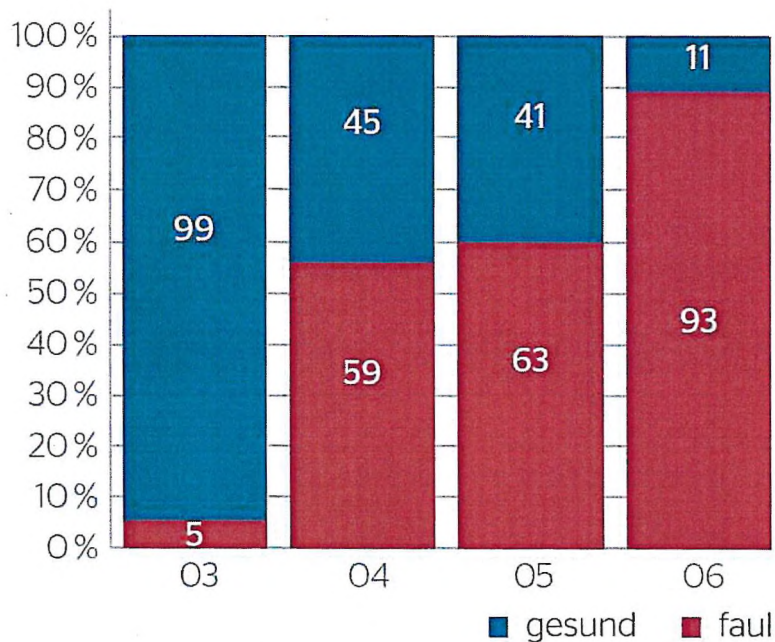
Die fertigen Weine zeigten eine deutliche Abhängigkeit vom Gesundheitsstatus der abgelieferten Trauben. So sind die Analysenergebnisse für Glycerin und Gluconsäure in beiden Herstellungsvarianten (Maischegärung und Maischeerhitzung) aus der faulen Traubenpartie erhöht. Dies ist durch die höhere mikrobielle Aktivität in der Maische dieser Partien zu erklären. Hinsichtlich der flüchtigen Säure ergab sich bei der Maischegärung ein klarer Zusammenhang. Die faule Variante zeigte wie zu erwarten signifikant höhere Gehalte. Bei der Maischeerhitzung hingegen wies die gesunde Partie die höheren Gehalte an flüchtiger Säure auf.

Die Maischeerhitzung führte durch den thermischen Aufschluss der Beerenhäute zu einer besseren Phenolextraktion, daher lagen in diesen Varianten der Phenolgehalt und damit auch die Farbe deutlich höher. Bei den faulen Varianten konnte durch die Fäulnis bedingt eine stärkere Bleichung festgestellt werden. Die mikrobielle Belastung führte zu einer Oxidation der Farbstoffe und damit zu einer schwächeren Farbe.

Die deskriptive Bewertung der Versuche zeigt, dass die erhitzten Varianten im Spektrum zwischen Rot und Braun eher Rot zugeordnet wurden und Maischegärungen eher Braun. Vergleicht man jedoch die Versuche unter Berücksichtigung der Indexwerte wurde den jeweiligen gesunden Varianten ein geringerer Braunanteil zugeschrieben als ihrem Pendant aus faulen Trauben. Der gleiche Umstand schlägt sich in der Kategorie Farbtintensität nieder. Bei den maischeerhitzten Varianten wurde eine intensivere fruchtige Note wahrgenommen als bei denen aus der Maischegärung. Zudem wurde in der erhitzten Variante aus gesundem Material ein deutlich fruchtigeres Aroma wahrgenommen als in der erhitzten Variante aus faulem Material.

Grundsätzlich kann also festgehalten werden, dass die Maischeerhitzung ein weitaus fruchtigeres Gesamtbild erzeugt, aber das Traubenmaterial hat auch hier eine deutliche Auswirkung auf das letztendliche Aromaprofil. Der maischevergorenen Variante aus gesunden Trauben wurde ein signifikanter Unterschied durch eine intensivere reduktive Note zugeschrieben. Bei den Maischegärung-Varianten wurde mehr flüchtige Säure wahrgenommen als bei denen aus der Maischeerhitzung. Die Wahrnehmung pflanzlich, vegetativer Aromen zeigt das gleiche Ergebnis nur in weniger intensiver Ausprägung der Unterschiede.

Hinsichtlich Bitterkeit wurde die maischevergorene Variante aus faulen Trauben mit Abstand am bittersten eingestuft. Insgesamt schnitten bei der Bewertung nach dem DLG-5-Punkte-Schema die maischeerhitzten Varianten deutlich besser ab als die maischevergorenen, die beide nahezu gleich bewertet wurden. Bei der direkten Zuordnung der Attribute gesund und faul wurde der Maischeerhitzung aus gesunden Trauben von 95 Prozent der Prüfer überdeutlich das Attribut gesund zugewiesen. Die restlichen Versuche wurden mehrheitlich als faul eingestuft: Die Maischeerhitzung aus faulen Trauben von 57 Prozent der Befragten, die Maischegärung aus gesunden Trauben von 61 Prozent und aus faulen Trauben von 89 Prozent.



**Abbildung 8:** Ergebnis der sensorischen Zuordnung der Samtrot Weine zur entsprechenden Traubenqualität (-03 Maischeerhitzung gesund; -04 Maischeerhitzung faul; -05 Maischegärung gesund; -06 Maischegärung faul)

Der berechnete Index-Wert kann schlussfolgernd als ein wichtiges Hilfsmittel angesehen werden, um etwaige Produktionsziele und Verarbeitungsstrategien anzupassen. Außerdem kann durch das frühzeitige Identifizieren fäulnisbelasteter Traubenpartien die Gefahr von Kreuzkontaminationen mit gesundem Lesegut reduziert werden. Die Ergebnisse zeigen, dass ohne eine angepasste Verarbeitungsstrategie aus Trauben mit einem hohen LVWO-Index schlechtere Weinqualitäten entstehen als aus Trauben mit einem niedrigeren LVWO-Index. Aufgrund der thermischen Behandlungsmöglichkeit bei roten Trauben besteht hier ein höheres Potential, etwaige Qualitätsunterschiede durch eine Erhitzung der Maische etwas auszugleichen. Bei weißen Trauben kann diese Technologie jedoch nicht ohne stärkere Qualitätseinbußen durchgeführt werden. Gerade bei weißen Trauben ist und bleibt daher die Qualität der abgelieferten Trauben ein Flaschenhals in der Weinbereitung.

#### b. Abweichungen zwischen Projektplan und Ergebnissen

Der mit der Beantragung des Projekts festgelegte Arbeitsplan konnte über die gesamte Projektlaufzeit eingehalten werden und zum Teil sogar übererfüllt werden.

Die OG Mitglieder wurden mittels einer SharePoint-Plattform, ständigem Telefon- und E-Mailkontakt sowie über mindestens zweimal jährlich stattfindende OG Sitzungen auf dem Laufenden gehalten. Darüber hinaus pflegte die LVWO Weinsberg als wissenschaftlicher Partner des Projekts einen engen Austausch mit den Betrieben. Dies war vor allem zur Durchführung der geplanten Probenahmen und zum Rücktransfer der Ergebnisse wichtig. Bedingt durch die Covid-19-Pandemie musste zum Teil auf Onlinebesprechungen ausgewichen werden.

Die Versuchsplanung sah vor, in den Jahren 2017 bis 2019 Maischeproben in den beteiligten Winzer- und Weingärtnergenossenschaften zu ziehen und diese nasschemisch zu untersuchen. Nicht verbrauchte Projektgelder ermöglichten auch im Jahr 2020 über den ursprünglichen Projektplan hinausgehend weitere Probenahmen. Zur Lese 2021 wurden ebenfalls Maischeproben im großen Umfang gezogen, deren Untersuchung jedoch durch die Betriebe teilweise selbst bezahlt wurde. Außerdem konnten an weit mehr als den zu

Beginn des Versuchs geplanten zwei Standorten Sensoren direkt in die Maischeleitungen der Traubenannahmen installiert werden. Zum Ende des Projekts waren insgesamt 11 Sensoren in 7 Betrieben im Einsatz, deren Messungen Eingang in die Versuchsergebnisse fanden. Die Einbindung der Sensoren in die Erfassungssysteme wurde durch die Firma Büchi übernommen und war in jedem Betrieb möglich.

Zur Planung der Probenahme und Fokuslegung im jeweils nächsten Versuchsjahr wurden die Ergebnisse und Erkenntnisse aus den Vorjahren zur Diskussionsgrundlage genommen. So konnte ein breites Spektrum an authentischen Proben hinsichtlich unterschiedlicher Reife- und Fäulnisgrade gezogen werden. Die untersuchten Partien wurden in jedem Versuchsjahr auch visuell bonitiert.

Die nasschemischen Untersuchungen zum Aufbau einer Referenzanalytik fand an der LVWO Weinsberg statt. Die gewonnenen Messwerte wurden mit den Daten der visuellen Bonituren sowie mit den Messwerten der NIR-Sensoren abgeglichen und in Korrelation gesetzt, um Rückschlüsse auf die Leistungsfähigkeit und etwaige Lücken der Sensoren ziehen zu können. Aus den Daten der Referenzanalytik wurde über die Versuchslaufzeit eine sich ständig verfestigende Kalibrierung entwickelt. Als Ausgabemedium der Messungen durch die NIR-Sensoren war im Arbeitsplan die Entwicklung eines Qualitätsindex vorgesehen. Dies wurde mit der Entwicklung des „LVWO-Index“ umgesetzt sowie bereits in einigen Betrieben mit dem Druck auf den Lieferschein der Winzer in die Praxis umgesetzt.

Darüber hinaus erfolgte der Ausbau verschiedener Partien zu Weinen unterschiedlicher Weinstiele. Eine Verkostung und Diskussion fand im Rahmen einer OG Sitzung statt. Die Ergebnisse der wissenschaftlichen Untersuchungen zu den unterschiedlichen Weinen und Weinstilen aus unterschiedlich belasteten Partien (auf Basis des LVWO-Index) wurden den OG Teilnehmern ebenfalls präsentiert.

Von der Umsetzung weinbaulicher Möglichkeiten zur Fäulnisvermeidung wurde im Rahmen des Versuchs abgesehen, da die Versuchsjahre 2017 bis 2020 sehr gesundes Lesegut lieferten. Demnach wurde der Entwicklung einer ausgewogenen Kalibrierung mit gesunden bis faulen Trauben eine höhere Gewichtung zugemessen, als den ursprünglich geplanten weinbaulichen Versuchen zur Fäulnisvermeidung.

Das Forschungsprojekt EIP Agri NIRS wurde der Öffentlichkeit in mehreren Presseartikeln, auf Pressekonferenzen und Tagungen, bei Fachvorträgen und in insgesamt neun Veröffentlichungen in der Fachpresse vorgestellt (siehe hierzu Kapitel IX. Kommunikationskonzept). Außerdem konnte ein Fernsehbeitrag im SWR Fernsehen gemeinsam mit dem baden-württembergischen Minister für Landwirtschaft Peter Hauk realisiert werden.

### **c. Projektverlauf**

Am 24.08.2017 fand die erste Sitzung der OG EIP-Agri NIRS statt. Ergebnis war die Versuchsplanung für die Herbstkampagne 2017 im Hinblick auf die Installation der Investitionen sowie deren Einrichtung, Planung der Probenahme und des Ablaufs während der Traubenannahme. Termingerecht vor Beginn der Weinlese wurden die NIR-Sensoren bei den OG-Mitgliedern Felsengartenkellerei Besigheim eG und Badischer Winzerkeller eG eingebaut, verrohrt und an die EDV angeschlossen. Im Laufe der Traubenannahme konnten somit die verschiedenen Partien mittels NIR-Sensorik erfasst werden. Zur Konservierung der Proben wurde jeweils eine Gefriertruhe angeschafft. Repräsentative Referenzproben wurden in beiden Betrieben gemäß Arbeitsplan gezogen und eingefroren.

Ein intensiver Austausch der OG Mitglieder wurde fortan durch zwei bis drei OG Sitzungen pro Jahr sichergestellt. Darüber hinaus wurde eine SharePoint Plattform eingerichtet, um allen Akteuren alle das Projekt betreffende Unterlagen tagesaktuell zur Verfügung zu stellen.

Im Rahmen der Referenzanalytik wurden in vier Projektjahren insgesamt 952 Proben auf die Fäulnisparameter Essigsäure, Glucosäure, Glycerin und Ergosterin durch die LVWO Weinsberg untersucht. Das Netzwerk der Sensoren anwendenden Betriebe wurde bis zum Projektende auf sieben Standorte ausgedehnt. In Folge mehrerer Jahrgänge mit allgemein gesundem Traubengut hatte die Kalibrierung zunächst Lücken in



höheren Wertebereichen. Daher lag der Fokus der Messungen auf faulen Traubenpartien, um eine gleichmäßige Datenbasis sicherzustellen.

Es wurde ein "LVWO Index" als dimensionslose Zahl entwickelt, die jeder Anwender sofort und intuitiv verstehen kann. Der Index unterscheidet die Chargen in vier Kategorien: perfekt, gut, verdächtig, faul.

Die ermittelten Referenzdaten wurden in Zusammenarbeit mit der Firma Büchi in die Kalibrierung der Software für die NIR-Geräte eingearbeitet und die überarbeitete Kalibrierung auf die NIR-Messgeräte übertragen, um die Untersuchungsergebnisse bereits in der kommenden Leseperiode anwenden zu können. Die Kalibrierung wurde auf diese Weise kontinuierlich verbessert.

2019 investierten weitere OPG Mitglieder in NIR-Sensoren an verschiedenen Standorten (Genossenschaftskellerei Heilbronn, Lembergerland Kellerei Rosswag und Lauffener Weingärtner). Um die Akzeptanz der anliefernden Winzer zu steigern, fanden mehrere Vor-Ort-Termine statt. 2019 und 2020 konnten gezielt faule Traubenpartien untersucht werden. Es konnten Weine aus gesunden und faulen Trauben versuchsweise ausgebaut und verkostet werden, um das kellerwirtschaftliche Potential der Erkennung von belastetem Traubenmaterial zu verdeutlichen. Um Entmischungen von Maischen in eine feste und flüssige Phase vor allem bei größeren Chargen noch vor der Probenahme zu umgehen, wurde für die Lese 2020 eine längere Messdauer der NIR-Geräte von mindestens 20 Sekunden vereinbart.

2020 wurde das Sensornetzwerk um Sensoren an den Standorten der Genossenschaften Winzer vom Weinsberger Tal und Weinkellerei Hohenlohe erweitert. 2021 kam mit der Bickensohler Weinvogtei ein weiterer Standort hinzu.

Die Probenahmen zur Verbesserung der Kalibrierung wurden 2021 weiter fortgeführt, um eine lückenlose Datengrundlage für die Nutzung nach Projektende sicherzustellen. Die Finanzierung der nasschemischen Untersuchungen erfolgte 2021 erstmals auf teilweise Rechnung der OG Mitglieder. Die Ergebnisse der Lese 2021 lagen zum Zeitpunkt der Fertigstellung dieses Abschlussberichts noch nicht vollständig vor.

Die Zwischenergebnisse wurden über die gesamte Projektlaufzeit der Öffentlichkeit über Regional- und Fachpresse, Fachtage, Messeauftritte und einen Fernsehbeitrag zugänglich gemacht.

#### **d. Beitrag des Ergebnisses zu förderpolitischen EIP Zielen**

Die durch die Europäischen Innovationspartnerschaft „Landwirtschaftliche Produktivität und Nachhaltigkeit“ (EIP-AGRI) geförderten Projekte sollen zur wirtschaftlichen Stärkung, Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit, zur Erhöhung der Marktbeteiligung und -orientierung von landwirtschaftlichen Unternehmen und / oder zur Erhöhung der Wertschöpfung landwirtschaftlicher und gartenbaulicher Produkte beitragen und gleichzeitig die Nachhaltigkeit verbessern. Dabei sollen innovative Lösungen für praktische landwirtschaftliche Frage- und Problemstellungen gefunden werden, um diese bis zur Praxisreife zu bringen.

Der Weinbau in Baden-Württemberg wird auf 27.230 ha (Stand 2015) betrieben. Weinbau spielt damit eine herausragende Rolle bei den Sonderkulturen v. a. im Hinblick auf den Erhalt der einzigartigen Kulturlandschaft.

Vor diesen Hintergründen hat die operationelle Gruppe bestehend aus Wissenschaft (LVWO Weinsberg), Winzern, Erzeugerorganisationen, Verarbeitern, Vermarktern und Verbänden das EIP Gemeinschaftsprojekt NIRS beantragt und durchgeführt. Der Weinbau wird durch das Projekt gestärkt und damit wettbewerbsfähiger.

Durch den Einsatz der NIRS wird die Weinwirtschaft in Baden-Württemberg befähigt, den stetig steigenden Anforderungen aufgrund des voranschreitenden Klimawandels zu begegnen. Auftretende Folgerscheinungen können objektiv detektiert werden. Die weitere Traubenverarbeitung wird zielgerichtet darauf angepasst. Somit werden die Folgen des Klimawandels beherrschbarer.

Die Klimaveränderung hat mannigfaltige Auswirkungen auf den Weinbau. Nicht nur das Risiko für Fäulnis wird erhöht, es sind weitere Reifeparameter und Qualitätsparameter in gleichem Maße betroffen, z. B. flüchtige Säure durch Kirschessigfliegen-Befall oder höhere Phenolgehalte aufgrund erhöhter UV-Strahlung, die zu unerwünschter Bräunung oder Bitterkeit führen können.

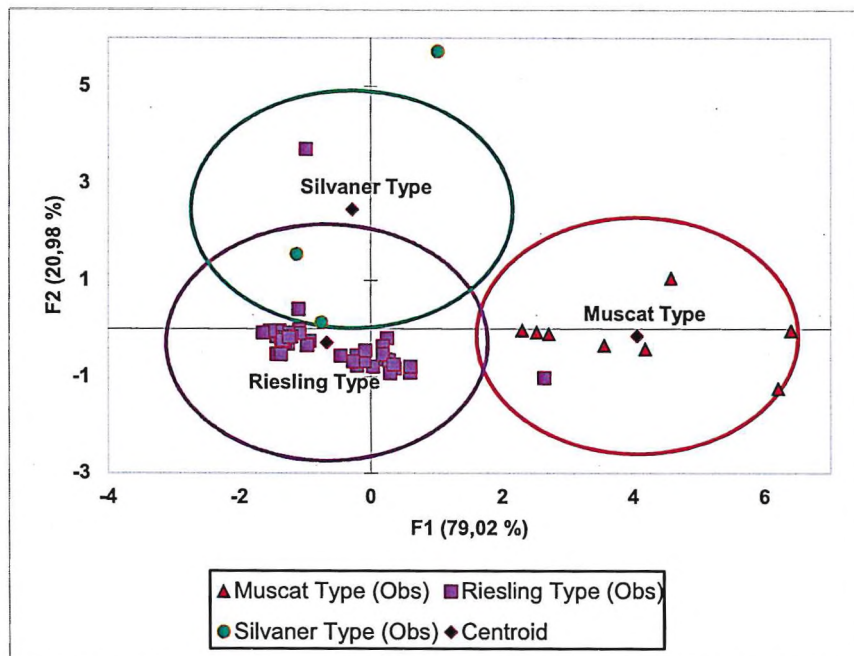
Die Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) ermöglicht die Messung von vergleichbaren und fundierten Parametern, die auf jeden Weinbaubetrieb in Baden-Württemberg übertragbar sind. Gleichzeitig ermöglichen die Messungen mittels NIRS eine Adaptierung der Produktionsverfahren an die Gegebenheiten und führen damit zu Ressourcenschonung im Rahmen der weinbaulichen und önologischen Maßnahmen bei gleichzeitig verbesserter Qualität durch die Möglichkeit der automatisierten Trennung der Trauben in verschiedene Qualitäten anhand von objektiven Wertekorridoren. Phytomedizinische und önologische Behandlungen werden zielgerichtet eingesetzt bzw. wenn möglich unterlassen. Die Rückschlüsse der Messungen auf den Weinbau führen zu einer Reduzierung des Pflanzenschutzmitteleinsatz hin zu ökologischerer Produktion. Darüber hinaus kann durch den Einsatz der NIR-Technologie in Winzergenossenschaften und Kellereien der Qualitätsanspruch an die Produkte weiter gesteigert werden, um wirtschaftlich wie auch in der Vermarktung einen Mehrwert zu generieren.

Die im Rahmen des Projekts entwickelte Kalibrierung wurde über die Projektlaufzeit bis zur Praxisreife entwickelt. Die operationelle Gruppe hat beschlossen, die Kalibrierung auch nach Projektende weiter zu entwickeln und weiteren Teilnehmern der Weinbranche zugänglich zu machen. Die hierdurch vereinnahmten Nutzungsgebühren durch Nicht-Mitglieder der dann ehemaligen operationellen Gruppe sollen zur Weiterentwicklung der Kalibrierung genutzt werden.

#### **e. Nebenergebnisse**

Im Rahmen einer Promotionsarbeit in Kooperation mit der Universität Hohenheim wurde versucht, den Gehalt von Aromastoffen mit Hilfe der NIRS schnell und zuverlässig zu bestimmen. Eine Reihe von Traubenmaischen aus den Jahren 2017 und 2018 wurde daher neben der reinen NIRS-Messung auch mittels Gaschromatographie-Massenspektrometrie (GC-MS) analysiert. Es wurde versucht, Korrelationen zwischen den Aromastoffgehalten und den NIR-Spektren herzustellen, um während der Traubenannahme schon eine schnelle Aussage über den Aromastoffgehalt der Proben treffen zu können.

Anhand der GC-MS-Daten konnten beispielsweise für die weißen Rebsorten unterschiedliche „Aromatypen“ bei den Rebsorten klassifiziert werden.



**Abbildung 9:** Hauptkomponentenanalyse unterschiedlicher Aromastoffe nach Rebsortentyp (n = 60)

Die unterschiedlichen Rebsortentypen lassen sich folglich in der GC-MS gut darstellen und voneinander abgrenzen. Es stellte sich nun die Frage, ob sich diese Ergebnisse auf die NIRS übertragen und zur Unterscheidung von aromareichen und aromaarmen Traubenmaischn während der Ablieferung eignen. Hierzu wurden unterschiedliche Versuche unternommen, eine sinnvolle und verlässliche Kalibrierung der NIRS zu erreichen.

**Tabelle 6:** Beste und schlechteste Kalibrierungsergebnisse von roten und weißen Traubenmaischn unterschiedlicher Herkunft

Region	Farbe	Verbindung	R <sup>2</sup> <sub>c</sub>	R <sup>2</sup> <sub>cv</sub>	SEC [µg/kg]	SECV [µg/kg]	RPD
Hessigheim	Red	1-Penten-3-ol	0.479	0.430	17.4	18.3	1.2
		Propyl Acetate	0.974	0.953	0.7	1.0	4.6
	White	3-Methylbutyl Acetate	0.599	0.471	0.2	0.3	1.3
		Linalool	0.993	0.186	11.4	123.1	1.1
Breisach	Red	2-Pentylfuran	0.684	0.571	0.1	0.1	1.0
		1-Penten-3-one	0.982	0.940	0.5	0.9	3.9
	White	2-Hexenal	0.740	0.692	432.5	471.1	1.8
		3-Methylbutyl Acetate	0.975	0.915	0.1	0.1	5.0

Die Ergebnisse zeigen, dass sich manche Verbindungen nur sehr schlecht kalibrieren lassen (hohe SECV-Werte), wie zum Beispiel Linalool oder 2-Hexenal. Dies dürfte im Falle des Linalools an den durchgängig sehr niedrigen Gehalten liegen und im Falle von 2-Hexenal an der Tatsache, dass diese Verbindung im Zuge der Verarbeitung sehr raschen, konstanten Veränderungen unterworfen ist, so dass schon bei geringen Unterschieden in den Zeitpunkten der Probenahme sehr unterschiedliche Gehalte vorliegen können, die dann auch unterschiedliche Korrelationen zum Rest der Probematrix zeigen.

Sehr gut lassen sich hingegen chemisch gesehen stabilere Aromastoffe kalibrieren (RPD-Werte > 1,5). Hier könnte in Zukunft zumindest eine halb-quantitative, in manchen Fällen sogar eine quantitative Abschätzung der Gehalte mittels NIRS erreicht werden. Allerdings sind hierzu weitaus mehr Proben und somit GC-MS-Daten erforderlich.

#### **f. Arbeiten, die zu keiner Lösung geführt haben**

Für die formulierte Fragestellung und Zielsetzung des Projekts konnten weitgehend Lösungen gefunden werden. Detailfragen, wie beispielsweise rebsortenspezifische Auswertungen und Einschätzungen, die sich noch im Laufe des Projekts ergeben haben, wird sich die Gruppe nach dem Ende des Projekts im Rahmen einer Weiterentwicklung der Kalibrierung widmen. Die Technologie zeigt zudem weitere Ansatzpunkte auf, die Erfassung von Qualitätsparametern noch umfangreicher zu gestalten. Dies könnte eine Aufgabe für die Zukunft werden, um diese Möglichkeiten zielgerichtet zu nutzen. Dafür bedürfte es dann weiterer nasschemischer Referenzanalytik.

#### **V. Nutzen der Ergebnisse für die Praxis**

Die im Rahmen des Projekts entwickelte Kalibrierung wurde über die Projektlaufzeit bis zur Praxisreife entwickelt. Die operationelle Gruppe hat beschlossen, die Kalibrierung auch nach Projektende weiter zu entwickeln und weiteren Teilnehmern der Weinbranche zugänglich zu machen.

Durch den Einsatz der NIR-Technologie ist einerseits die Trennung unterschiedlicher Partien hinsichtlich ihrer Qualität in der Traubenverarbeitung möglich. Durch separaten Ausbau und maßgeschneiderte önologische Maßnahmen kann eine weitere Qualitätssteigerung bei den erzeugten Weinen erreicht werden. Andererseits kann durch die Überprüfung der Fäulnisbelastung der angelieferten Trauben mittels NIRS eine leistungsgerechtere Bezahlung erfolgen als bisher. Eine Kontrolle der Rebparzellen vor Ort beispielsweise in Vorbereitung zur Vollernterlese kann entfallen, wodurch zusätzlich Kosten und Personalkapazitäten eingespart werden können.

#### **VI. Geplante Verwertung und Nutzung der Ergebnisse**

Die im Projekt gewonnenen Ergebnisse und Erkenntnisse sollen im Rahmen der weiteren Validierung und Weiterentwicklung der Kalibrierung nach Projektende weitergeführt werden. Dabei stellen die Versuchsergebnisse die fundamentale Datenbasis dar.

Die bisherigen Sensoranwender sind daran interessiert die entwickelte Kalibrierung in ihren Betrieben zu nutzen. Teilweise sind weitere Investitionen in Sensoren für weitere Verarbeitungslinien geplant. Darüber hinaus ist eine Verbreitung der Software an weitere Interessenten vorgesehen. Mit den hierdurch vereinnahmten Lizenzgebühren und den jährlichen Gebühren soll die ständige Validierung und Weiterentwicklung weiter vorangetrieben werden.

Als Laborpartner zur Durchführung der Referenzanalytik steht weiterhin die LWVO Weinsberg zur Verfügung. Auch die Firma Büchi hat weiterhin ihre Unterstützung im technischen Bereich und als Softwarebetreuer für die Betriebe zugesichert.

#### **VII. Wirtschaftliche und wissenschaftliche Anschlussfähigkeit**

Die im Rahmen des Projekts entwickelte Kalibrierung wurde über die Projektlaufzeit bis zur Praxisreife entwickelt. Die operationelle Gruppe hat beschlossen, die Kalibrierung auch nach Projektende weiter zu entwickeln und weiteren Teilnehmern der Weinbranche zugänglich zu machen. Die hierdurch vereinnahmten Nutzungsgebühren durch Nicht-Mitglieder der operationellen Gruppe sollen zur Weiterentwicklung der Kalibrierung genutzt werden. Es ist eine weitere Zusammenarbeit mit der LWVO Weinsberg als Laborpartner und der Firma Büchi als technischer Unterstützer und Sensorlieferant vorgesehen. Büchi und die OPG gehen hierzu eine Kooperation ein, da die NIR-Sensoren ohne Kalibrierung zur Messung von Traubenmaishe nicht nutzbar sind. Umgekehrt ist eine Nutzung der Kalibrierung nur in Verbindung mit einem Sensor sowie der

Integration der Kalibrierungssoftware in die bestehende Software der Anwender möglich. Bei der Verbreitung der Kalibrierung sollen die Netzwerke der Firma Büchi sowie die der OG Mitglieder genutzt werden.

Perspektivisch wird eine Ausweitung der maßgeblichen Parameter auf den LVWO-Index forciert. Hierzu gehört einerseits der weitere Ausbau der bisherigen Kalibrierung. Mehr Proben aus dem mittleren und oberen Fäulnisbereich müssen eingepflegt werden, um die Kalibrierung über den gesamten Qualitätsbereich stabil und valide zu gestalten. Andererseits sind weitere Parameter von Interesse. Interessant in diesem Zusammenhang sind die Mykotoxine, die als gesundheitlich relevante Parameter in anderen Branchen, wie zum Beispiel bei Gewürzen und Getreide, bereits seit längerer Zeit Einzug in die Qualitätsbeurteilung gefunden haben.

Auch der Einfluss des Klimawandels auf die generelle Zusammensetzung und die Gehalte an Aminosäuren sowie Mineralstoffe wären eine wichtige Thematik. Die Gehalte an Aminosäuren in den Traubenmaischen haben klimatisch bedingt in den letzten 40-50 Jahren um etwa die Hälfte abgenommen. Die Folge sind mangelnde Nährstoffkonzentrationen für die Hefe, dadurch bedingte Fehlgärungen und die Ausbildung von Fehl- aromen sowie frühzeitige Alterung („untypische Alterungsnote“).

Ein weiterer Aspekt wäre die Entwicklung eines Auszahlungssystems auf Basis des LVWO-Index. Bislang werden den Winzern lediglich die LVWO-Index-Werte bei der Ablieferung mitgeteilt. Ein valides und vor allem gerichtsfestes Auszahlungssystem existiert dagegen noch nicht. Dies wäre jedoch eines der vordringlichsten Ziele, um dem NIRS und dem LVWO-Index eine breite Anwendung in der weinbaulichen Praxis zu ermöglichen.

Auch technische Entwicklungen sollten ins Auge gefasst werden. Hierunter fällt zum Beispiel die Entwicklung einer Ventilschaltung, die unmittelbar nach dem NIRS positioniert, die Traubenmaische direkt nach unterschiedlichen Qualitäten in getrennte Behältnisse sortiert und so eine qualitätsorientierte Weiterverarbeitung der unterschiedlichen Qualitäten gewährleistet.

## **IX. Kommunikationskonzept**

Die Ergebnisse und Zwischenergebnisse der Forschungen im EIP Agri Projekt NIRS wurden regelmäßig veröffentlicht. Die Veröffentlichungen umfassten mehrere Beiträge in Fachzeitschriften, Vorträge, Pressekonferenzen und Pressemitteilungen sowie Teilnahmen an Messen/Tagungen.

Fachzeitschriften:

- Pour Nikfardjam M., Gehlken J., Reustle J (2018) „Der Qualität auf der Spur“, Rebe und Wein 11/2018, 43
- Pour Nikfardjam M. (2019) „Bewertung der Traubenqualität im 21. Jahrhundert“, Landinfo 1/2019, 43-46.
- Pour Nikfardjam M. (2019) „Die Guten ins Töpfchen...“, Der Deutsche Weinbau 11, 20-23.
- Pour Nikfardjam M. (2019) „Traubenqualität in Sekundenschnelle messen“, Der Winzer 7/2019, 29-31.
- Gehlken J., Reustle J., Merkt N., Zörb C., Pour Nikfardjam M. „Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) als schnelle Untersuchungsmethode zur Bestimmung der Traubenqualität“, Lebensmittelchemie 73 (49-80), 71 (2019).
- Gehlken J., Reustle J., Merkt N., Zörb C., Pour Nikfardjam M. „Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) als schnelle Untersuchungsmethode zur Bestimmung der Traubenqualität“, Lebensmittelchemie 73 (137-176), 148 (2019).
- Pour Nikfardjam M., Rasche C., Bachmann S., Hirn S. „Fauls Spektrum“, Der Deutsche Weinbau 16-17, 16-22 (2020).
- Pour Nikfardjam M., Geppert B., Gehlken J. „LVWO-Index goes live“, Der Deutsche Weinbau 15, 20-23 (2021)

- Pour Nikfardjam M. „Bewertung der Traubenqualität mit Nahinfrarot-Spektroskopie“, Der Winzer 07, 23-25 (2021)

#### Facharbeiten:

- Rasche C. (2020) „Ausbau von Weinen aus gesunden und faulen Trauben unter Berücksichtigung des LVWO-Fäulnisindex“, LVWO Weinsberg
- Reustle J. (2018) „Nahinfrarotspektroskopie als online-Messmethode von Fäulnisparametern zur Bestimmung der Maischequalität von Keltertrauben“, Universität Hohenheim

#### Presse:

- 27. September 2017: Ludwigsburger Kreiszeitung
- 02. September 2019: Landesschau Baden-Württemberg

#### Vorträge:

- Bader U. „Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) als innovative Messmethode zur Beurteilung der Traubenqualität in Zeiten des Klimawandels“, Landwirtschaftliches Hauptfest Stuttgart 2018
- Pour Nikfardjam M. „Qualitätsbewertung von Keltertrauben mittels Nahinfrarot“, Fachtagung Wein 2019 der bwgV akademie, Karlsruhe/Germany (2019)
- Pour Nikfardjam M. „Der LVWO-Index - Ein Quantensprung in der schnellen Bewertung der Traubengesundheit“, Herbstversammlung der Lembergerland-Kellerei, Vaihingen/Germany (2019)
- Gehlken J., Reustle J., Merkt N., Zörb C., Pour Nikfardjam M. „Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) als schnelle Untersuchungsmethode zur Bestimmung der Traubenqualität“, 48. Deutscher Lebensmittelchemikertag, Dresden/Germany (2019)
- Gehlken J., Pour Nikfardjam M. „Der LVWO-Index - Ein Quantensprung in der schnellen Bewertung der Traubengesundheit“, Fortbildungsveranstaltung „Aktuelles aus Weinrecht, Weinbau und Önologie“ des Ministeriums für Ernährung und Ländlichen Raum, Weinsberg/Germany (2019)
- Bader U., Morast H. „EIP Agri NIRS – Projektstand und Aussichten für die Praxis“, Geschäftsführertagungen des Baden-Württembergischen Genossenschaftsverband e.V. (2019)
- Pour Nikfardjam M. „Qualitätsbestimmung von Traubenmaische mittels NIRS“, Vortragsveranstaltung der Landjugend Württemberg-Baden e.V., Weinsberg/Germany (2020)
- Pour Nikfardjam M. „Schnelle Bestimmung der Traubenqualität mittels NIRS“, DRV-Jungwinzerforum, Weinstadt/Germany (2020)
- Bader U. „EIP Agri NIRS – Ergebnisse des Jahrgangs 2020“, Fachtagung Wein 2020 der bwgV akademie, Karlsruhe/Germany (2020)
- Bader U. „Qualitätsoffensive in Württemberg – Beurteilung der Traubenqualität mittels Nahinfrarotspektroskopie (NIRS)“, Herbstpressekonferenz des BWGV 2020
- Bader U. „Qualitätsoffensive in Württemberg – Beurteilung der Traubenqualität mittels Nahinfrarotspektroskopie (NIRS)“, Herbstversammlung des BWGV 2021
- Pour Nikfardjam M. „Traubenqualität – bringt uns die moderne Technik auf den richtigen Weg?“, R. Schlumberger Lectures 2021, Tulln/Austria (2021) - online

#### Poster

- Pour Nikfardjam M., Gehlken J., Reustle J. (2018) „Schnelle Bestimmung der Traubenqualität mittels Nahinfrarotspektroskopie (NIRS)“, Landwirtschaftliches Hauptfest Stuttgart 2018
- Gehlken J., Reustle J., Merkt N., Zörb C., Pour Nikfardjam M. (2019) „Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) als schnelle Untersuchungsmethode zur Bestimmung der Traubenqualität“, Arbeitstagung des Regionalverbands Südwest der Lebensmittelchemischen Gesellschaft, Stuttgart-Hohenheim