



Alterung und Verbleib von Mulchfolien in Böden und Drainagewässern – Ralf Bertling

Abschlusskonferenz 28. April 2022



EUROPÄISCHE UNION
Investition in unsere Zukunft
Europäischer Fonds
für regionale Entwicklung

Förderhinweis:

Das Projekt "iMulch" wird mit Mitteln aus dem Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) "Investitionen in Wachstum und Beschäftigung" gefördert.



AP4 Umweltverhalten und -effekte

AP4.1 Verwitterung

Verwitterungsversuche mit erdölbasierten PE- und biobasierten, bioabbaubaren PLA/PBAT-Mulchfolien in wässrigem Medium

Hintergrund und Motivation

- Untersuchungen von aquatischen Systemen auf Kunststoffemissionen sind weit häufiger als von terrestrischen Systemen.
- Die Datenbasis zu Kunststoffen in Böden ist dünn.
- Der Wissensstand zu Kunststoffen in der Landwirtschaft ist gering.
- In Landwirtschaft u. Gartenbau kommen immer mehr Kunststoffe, insbesondere (Mulch)Folien, zum Einsatz.
- Die beispielhafte Anwendung von Mulchfolien auf Agrarflächen dient als Betrachtungsmodell.
- **Wichtig für AP4: Der Abbau der Folien ist weniger Betrachtungsgegenstand. Vielmehr werden Verwitterung und Verhalten von Mulchfolienfragmenten fokussiert**

Mulchfolien - Wissensstand

- Mulchfolien zählen zu den Agrarfolien und finden auch in Deutschland immer mehr Anwendung.
- Mulchfolien bedecken Agrarflächen zur Wärme- und Feuchtereulation, sie schützen den Boden vor Erosion und Fressfeinden und hemmen Unkrautwachstum.
- Überwiegend kommen Mulchfolien aus PE zum Einsatz. Es gibt aber eine Tendenz zu bioabbaubaren Mulchfolien (PLA-PBAT-Blends).
- In Deutschland wurden 2019 auf ca. 6.600 ha Mulchfolien eingesetzt. [GKL 2019]

Mulchfolien - Problematik

- Die dünnen Mulchfolien (bis 10 μm) unterliegen während der Benutzung Witterungseinflüssen. Sie werden spröde, rissig und fragmentieren.
- Die Folienpartikel gelangen durch äußere Einflüsse (Bodenbearbeitung, Niederschläge) in tiefere Bodenschichten (theoretisch bis zum Grundwasser) oder werden durch Wind verfrachtet.
- Durch Felder mit Drainage oder Entwässerungsgräben können die Folienpartikel in Vorfluter und in den Wasserkreislauf gelangen. -> **Anbindung zu AP4**

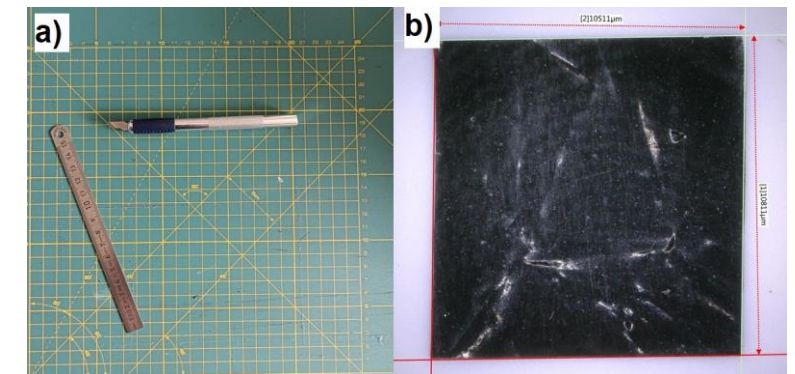
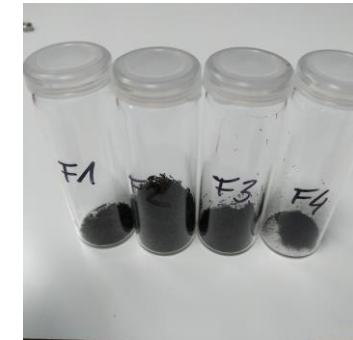
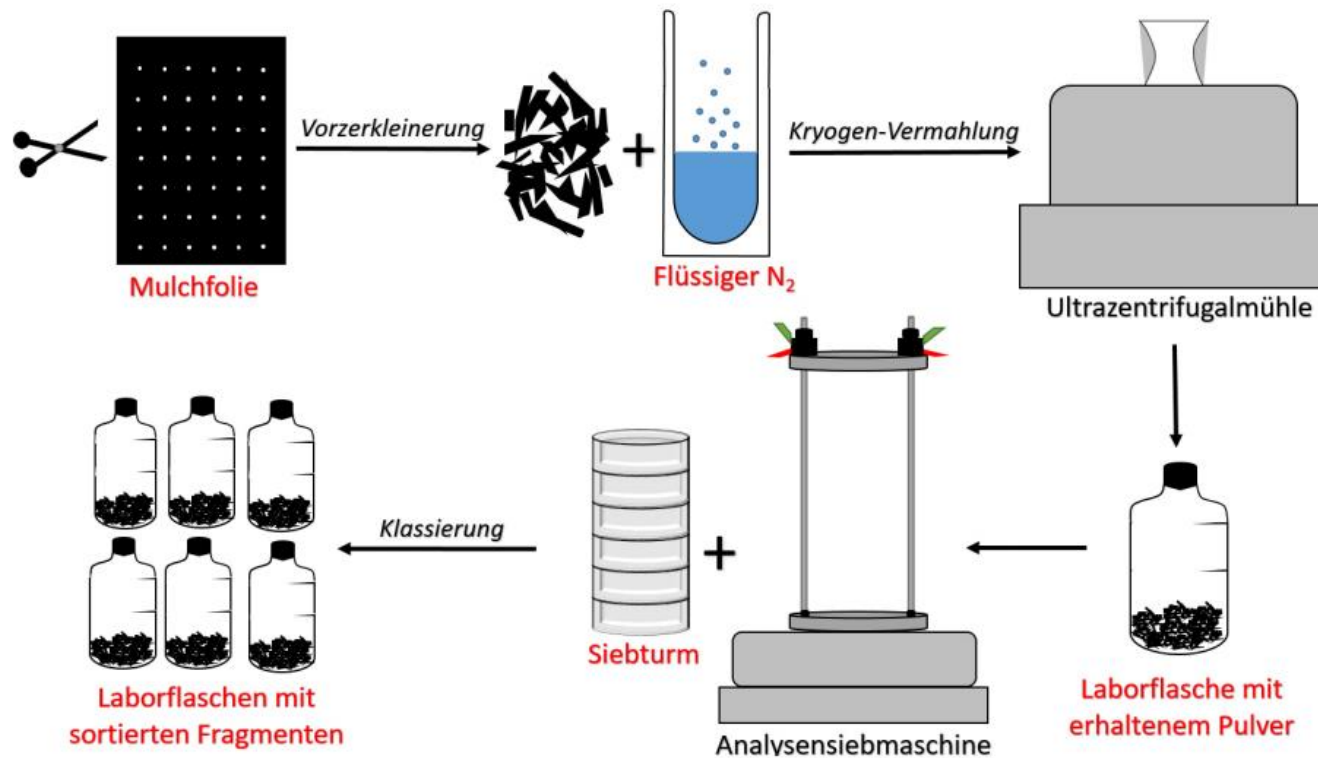
Verwitterungsversuche in einer Laborkläranlage



Verwitterungsversuche in einer Laborkläranlage

- Durchführung von 2 Verwitterungsversuchen mit je 12 Wochen Dauer mit erdölbasierten und biobasierten Mulchfolien
- Versuch 1: a) PE-Mulchfolie Schwarz (Typ Floraself, 25 μm) **vs.** b) PLA/PBAT-Mulchfolie Weiß (Typ FKUR BioFlex, 35-40 μm)
- Versuch 2: a) PLA/PBAT-Mulchfolie Schwarz (Typ FKUR BioFlex, 12-15 μm) **vs.** b) PLA/PBAT-Mulchfolie Schwarz (Typ BASF Ecovio M2351, 12-15 μm)
- Medium: Drainagewasser vom Feld, Zugabe von filtriertem Belebtschlamm zwecks CSB-Einstellung
- Zugabe von 0,5 g partikulären und quadratisch geschnittenen Mulchfolien-Stücken
- Biomasseverluste und Verluste durch Verdunstung und Probennahme werden mit filtriertem Belebtschlamm ausgeglichen (~1,5 L / Woche)
- Aufzeichnung von T, pH und O₂. Messung von LF, CSB, NO₃⁻/N 3x/Woche
- Entnahme und Analytik der Mulchfolien nach 2, 4, 8 und 12 Wochen
- Analytik: Digitalmikroskop, REM, FT-IR, He-Pyknometrie, RFA und XRD

Herstellung von Prüfkörpern: Partikel & Quadrate



Versuchsdesign

- Referenzmaterialien (geschnitten, vermahlen)

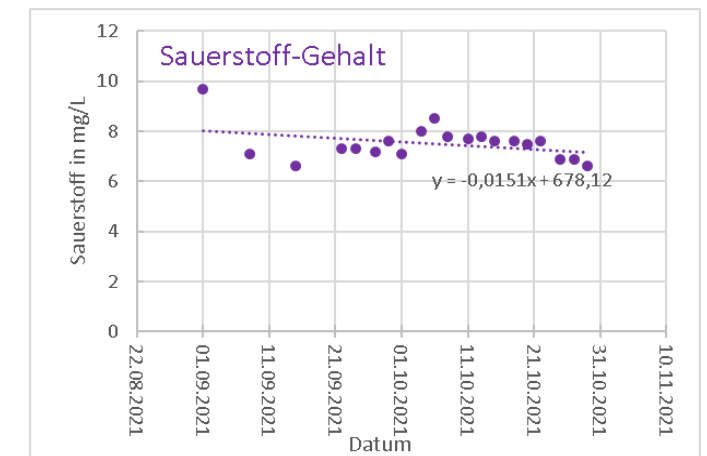
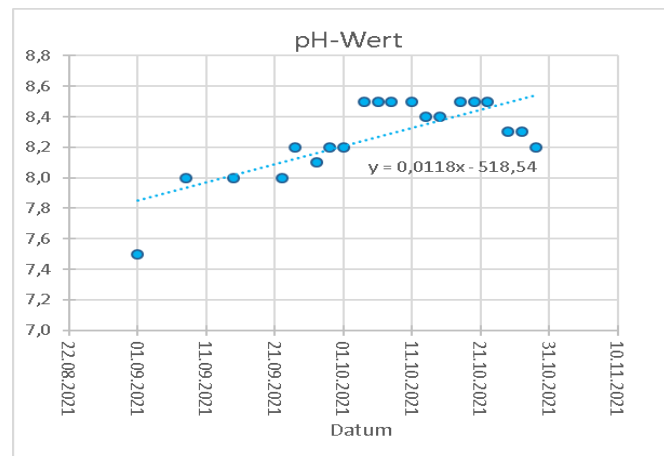
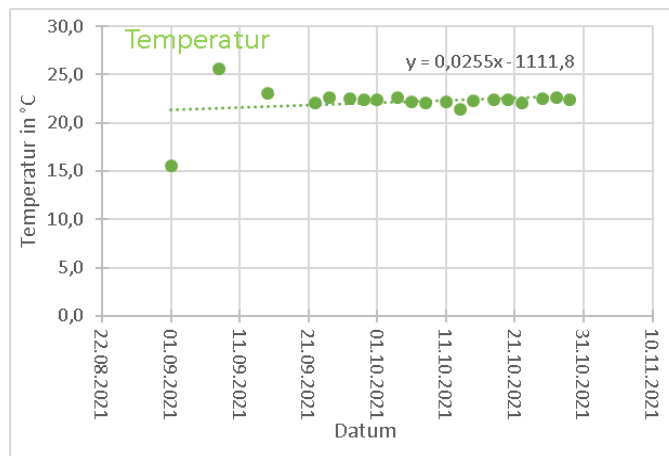
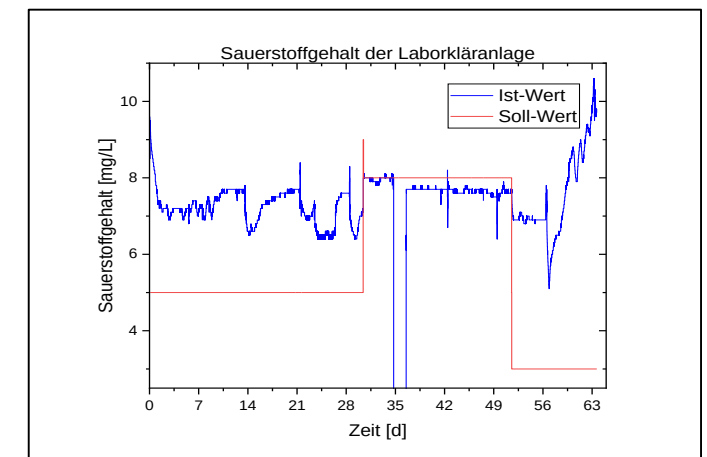
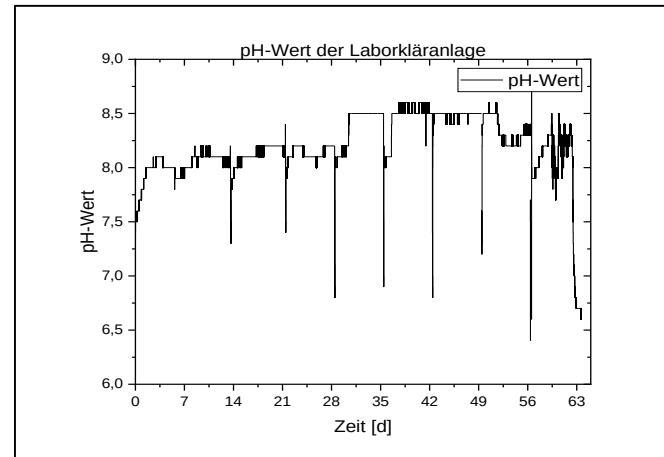
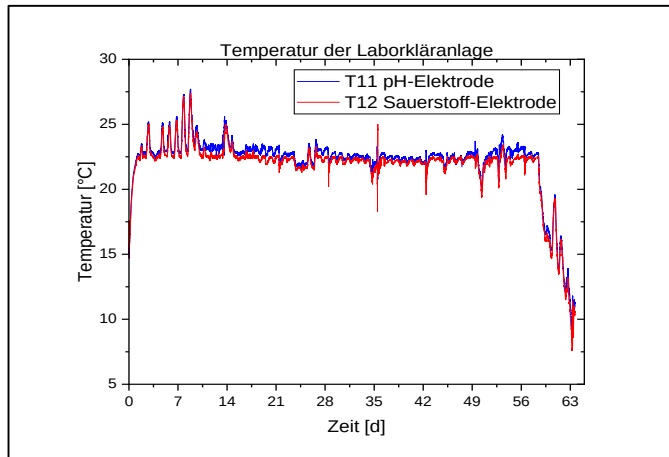


- Laborkläranlage

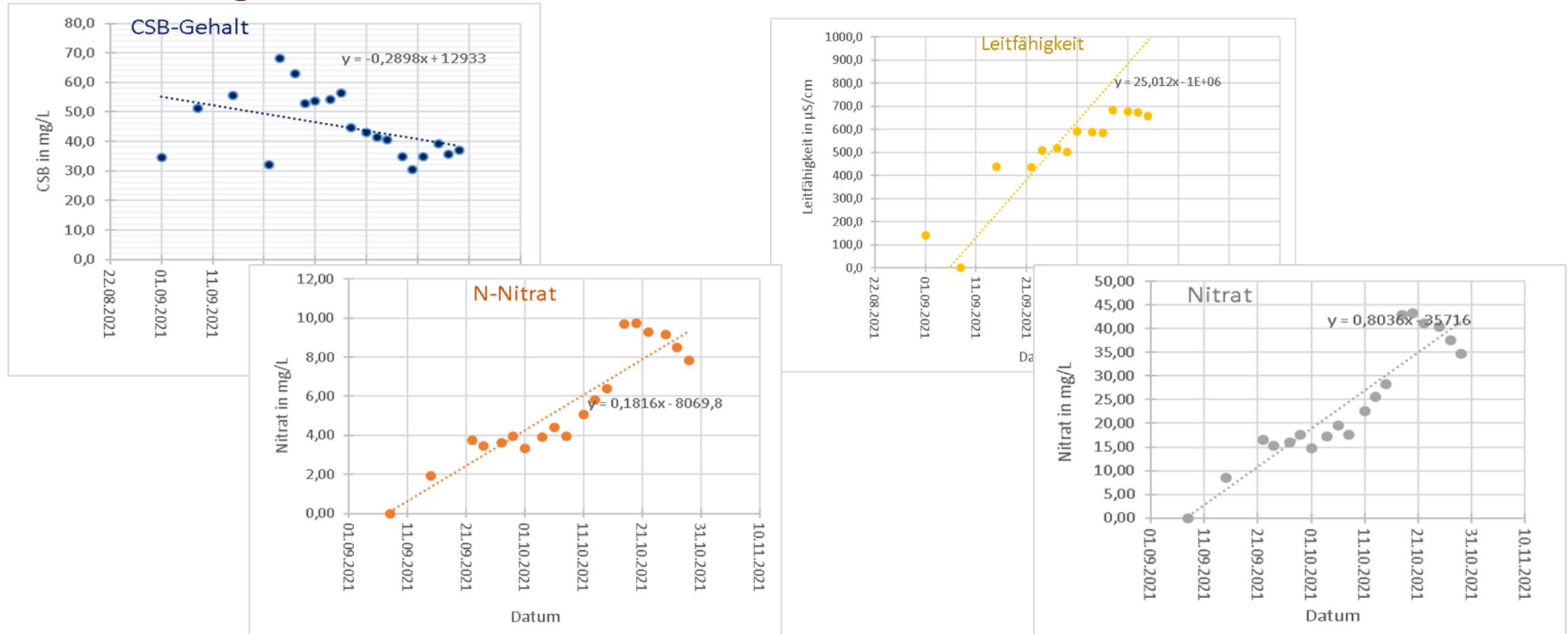




Aufzeichnung von T, pH und O₂ v. 1.9.21-28.2.22



Messung von LF, CSB und NO₃⁻-N



V1a: Ergebnisse konventionelle Mulchfolie aus dem Baumarkt, Typ „Floraself“

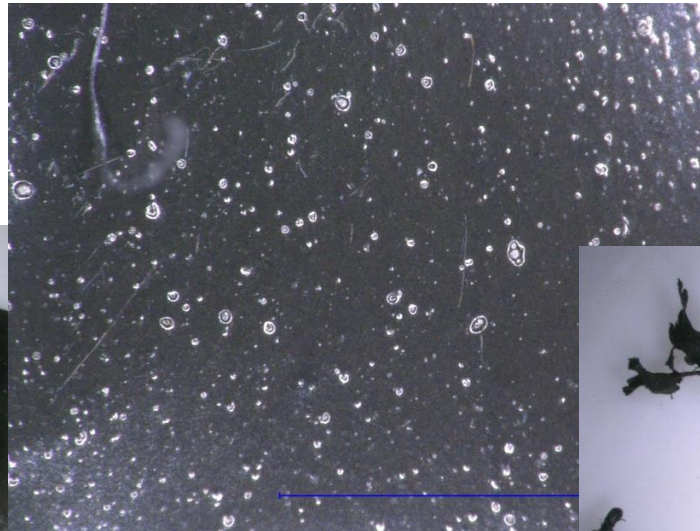
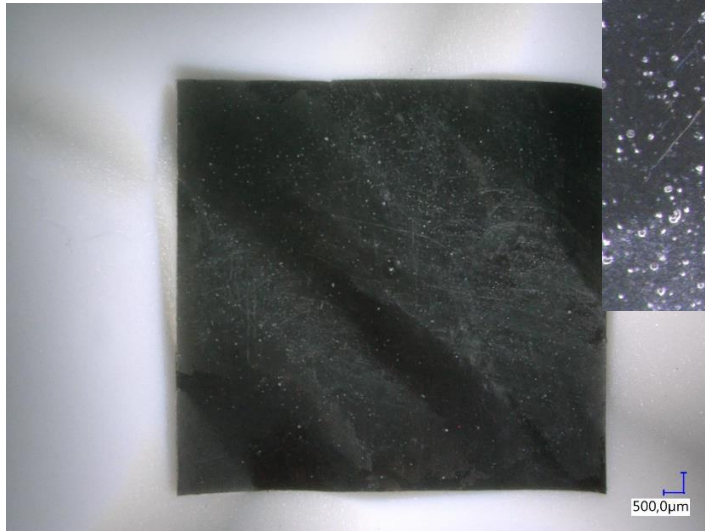
Polymertyp: Polyethylen

Konventionell

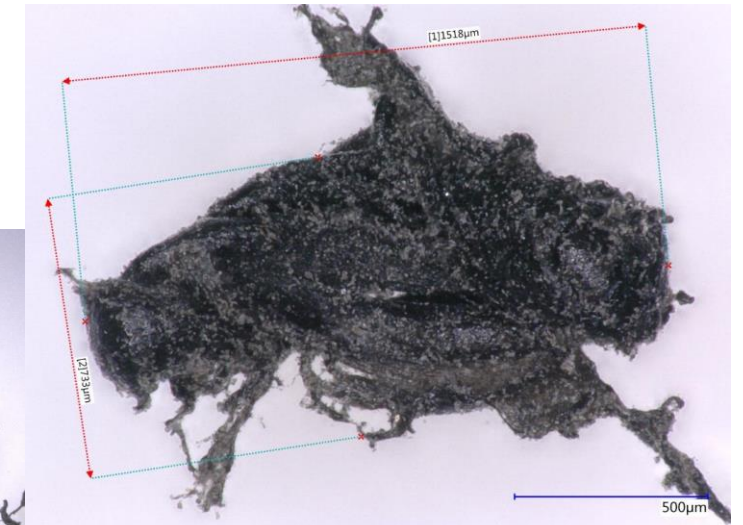
25 µm



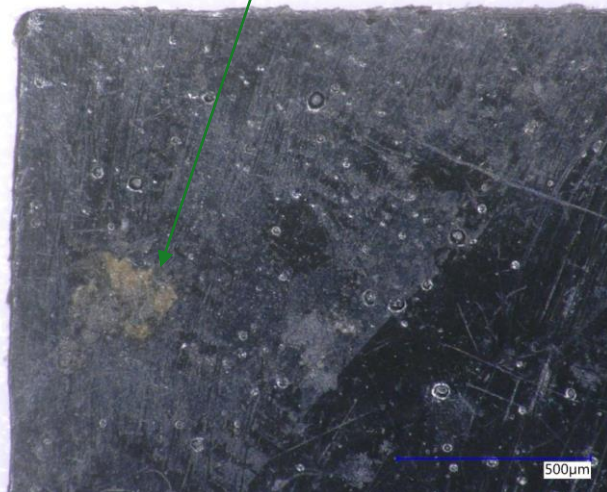
Auf der Oberfläche sind wenige Kratzer und kleine Einkerbungen sichtbar



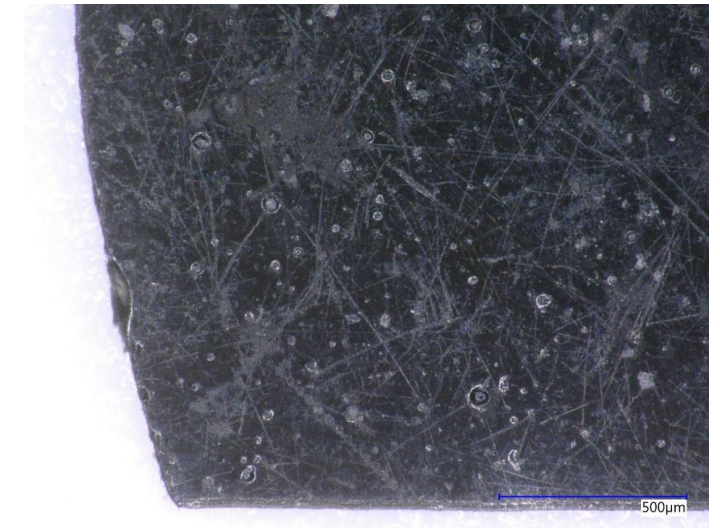
Partikel haben zerrissene Form von der Kryovermahlung



Leichte bräunliche Flecken durch Bewuchs

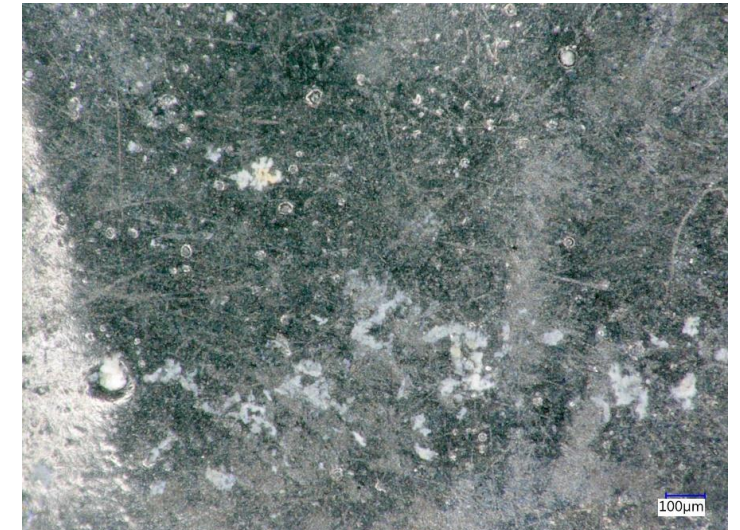


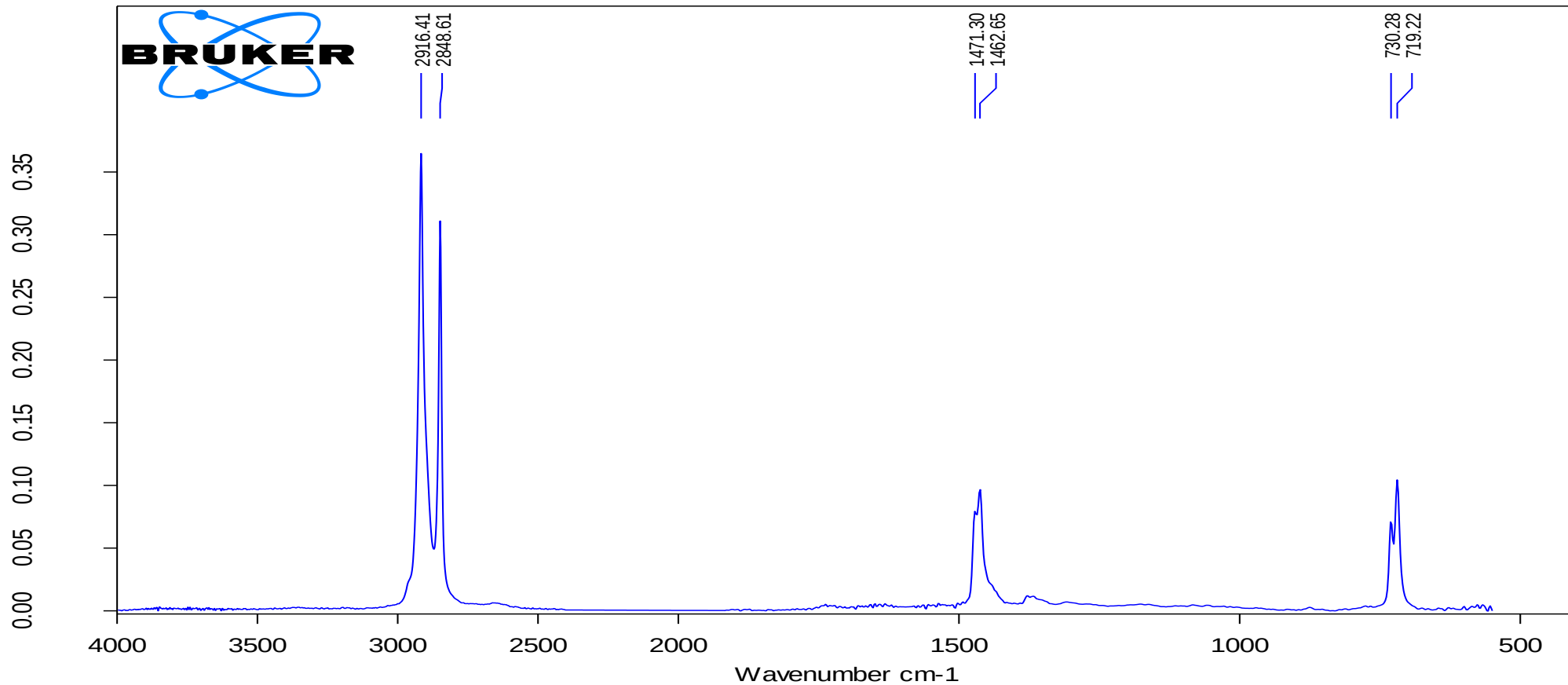
Zunahme an Kratzern an der Oberfläche (Rührer?)



Bräunlicher und weißer Bewuchs

Kratzer und Verwitterungsspuren
sichtbar; keine Risse oder Löcher



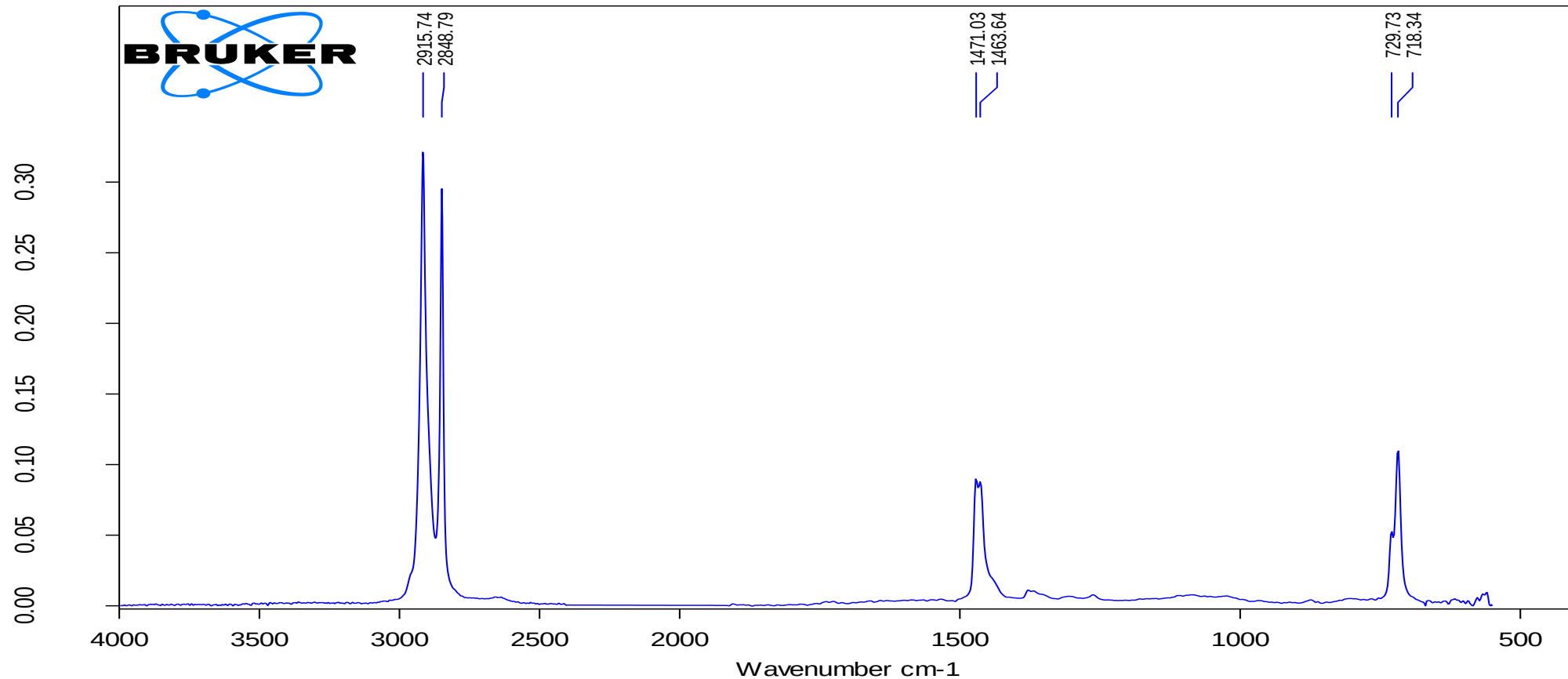


D:\1_IR_Daten\OE320\benj\PE\Woche 0\PEw0.0

Peneu55

ATR

26.10.2021

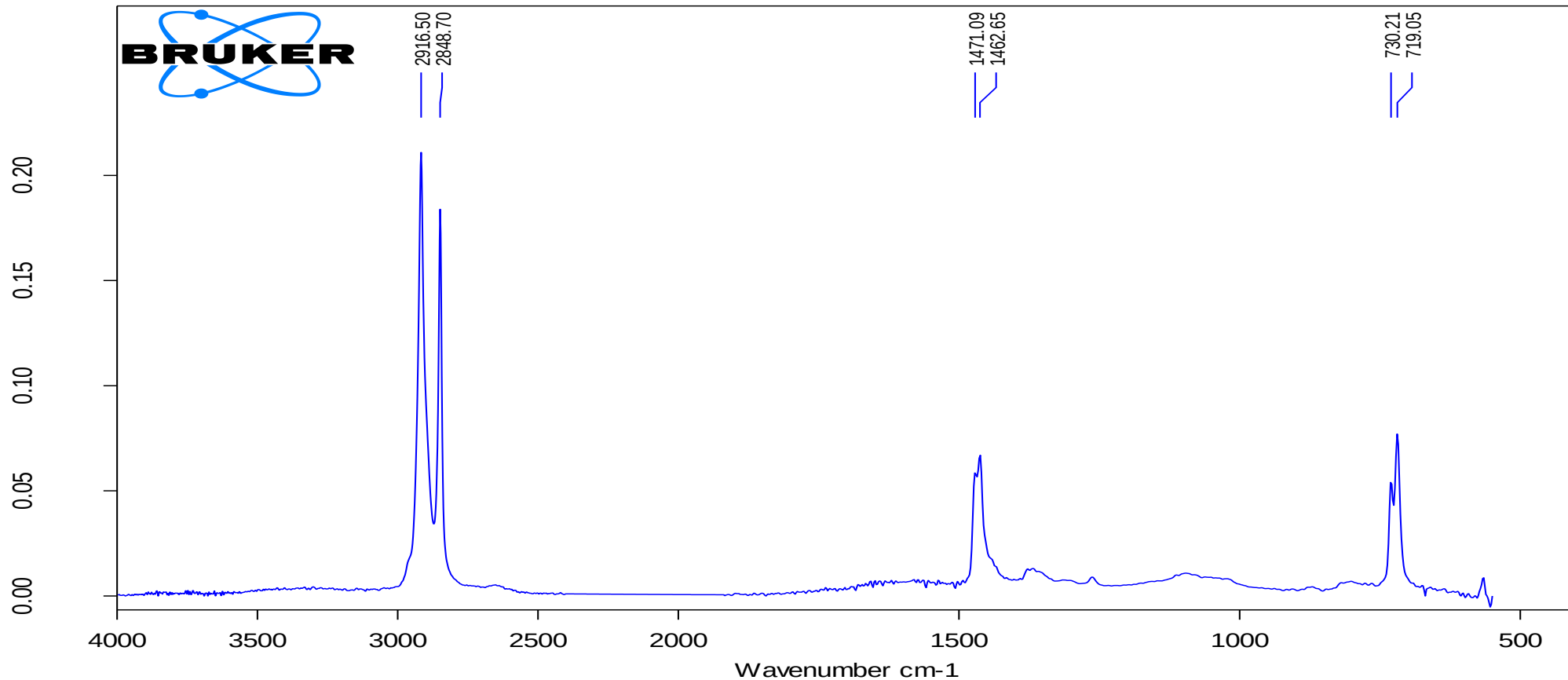


D:\1_IR_Daten\OE320\benj\PE\Woche 2\PEw2.0

PEw2

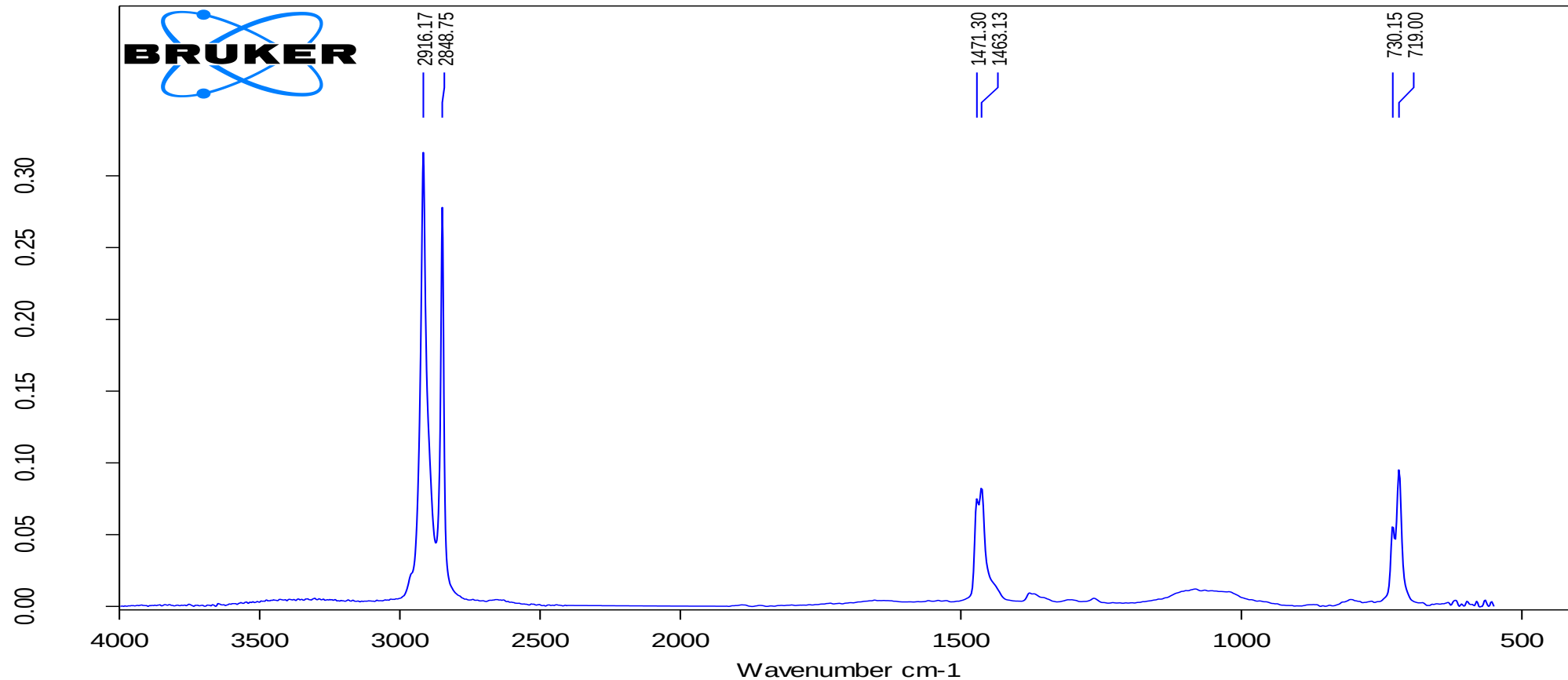
ATR

04.11.2021



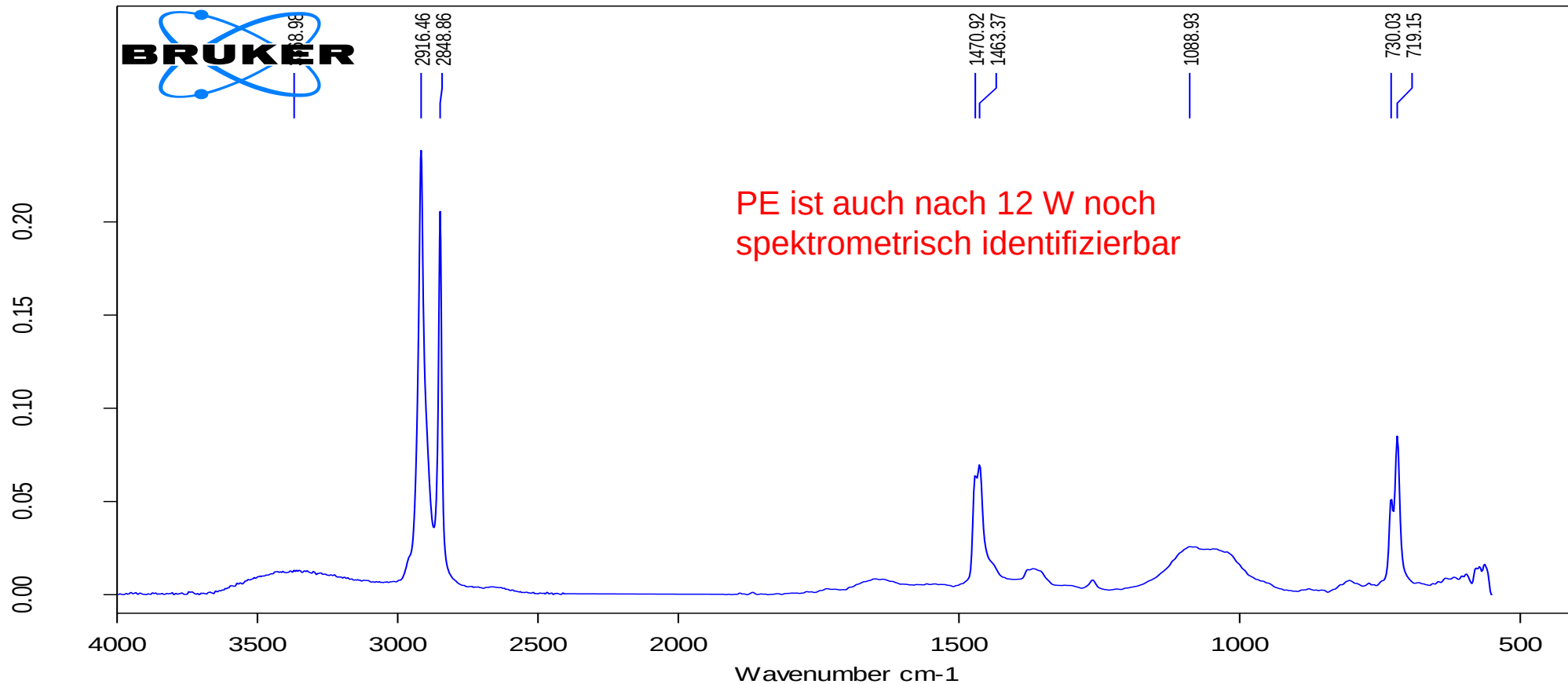
D:\1_IR_Daten\OE320\benj\PE\Woche 4\PEw4.0 PEw4 ATR

04.11.2021



D:\1_IR_Daten\OE320\benj\PE\Woche 8\PEw8.0 PEw8 ATR

12.11.2021



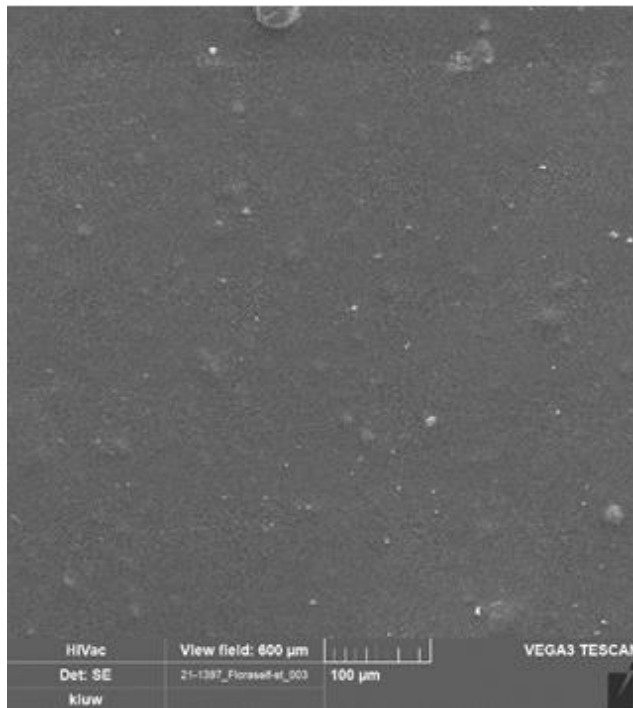
D:\1_IR_Daten\OE320\benj\PEw9.0

PEw9

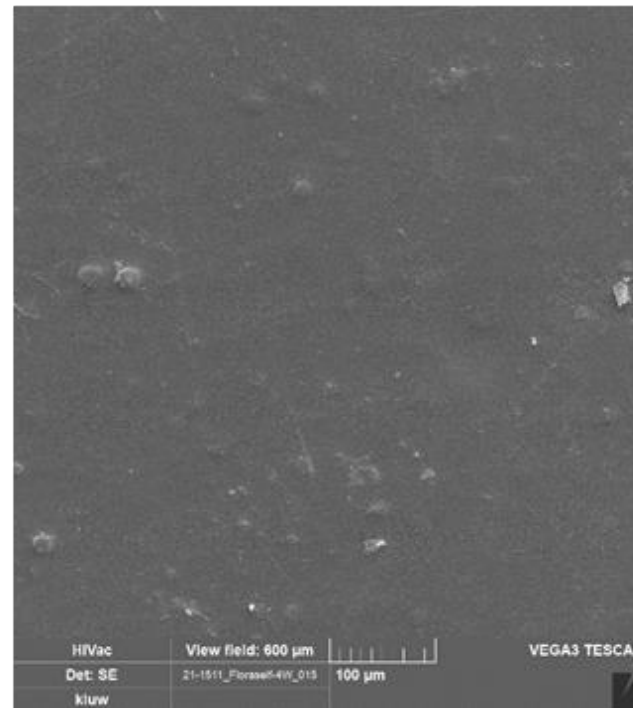
ATR

12.11.2021

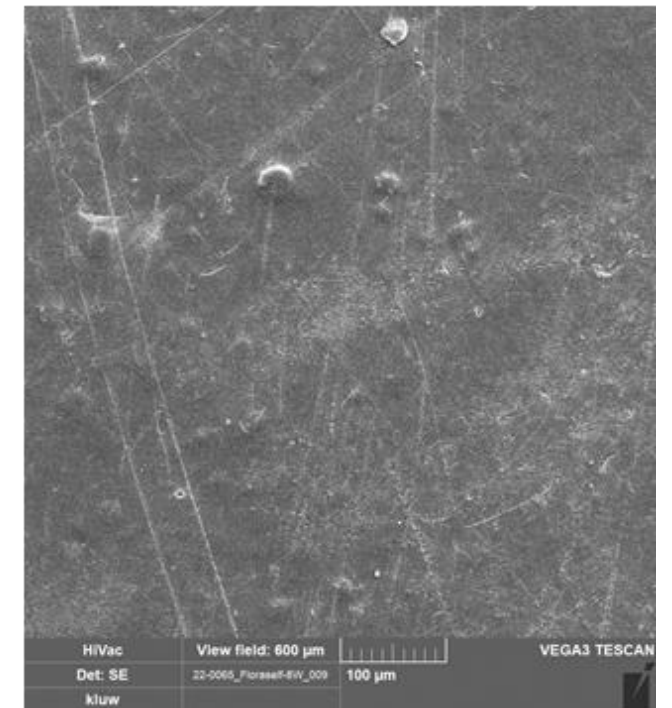
0 Wochen



4 Wochen



8 Wochen



	Al	Si	P	S	Ca	Ti	Fe	Cu	Zn	Rh	Summe
Woche 0	0	56,7	0	19,1	0	3,7	20,5	0	0	0	100
Woche 12	0,7	2,3	0,1	0,4	92,5	0,4	2,9	0,2	0,5	0	100

- Methode zur qualitativen und quantitativen Bestimmung der elementaren Zusammensetzung
- Anorganische Additive: Si, S, Fe und Ti
- Zudem wurden Elemente nachgewiesen, welche im ursprünglichen Material nicht vorhanden sind (Al, P, Ca, Cu, Zn)

	δ in g/cm ³
Woche 0	0,73144
Woche 12	1,08651

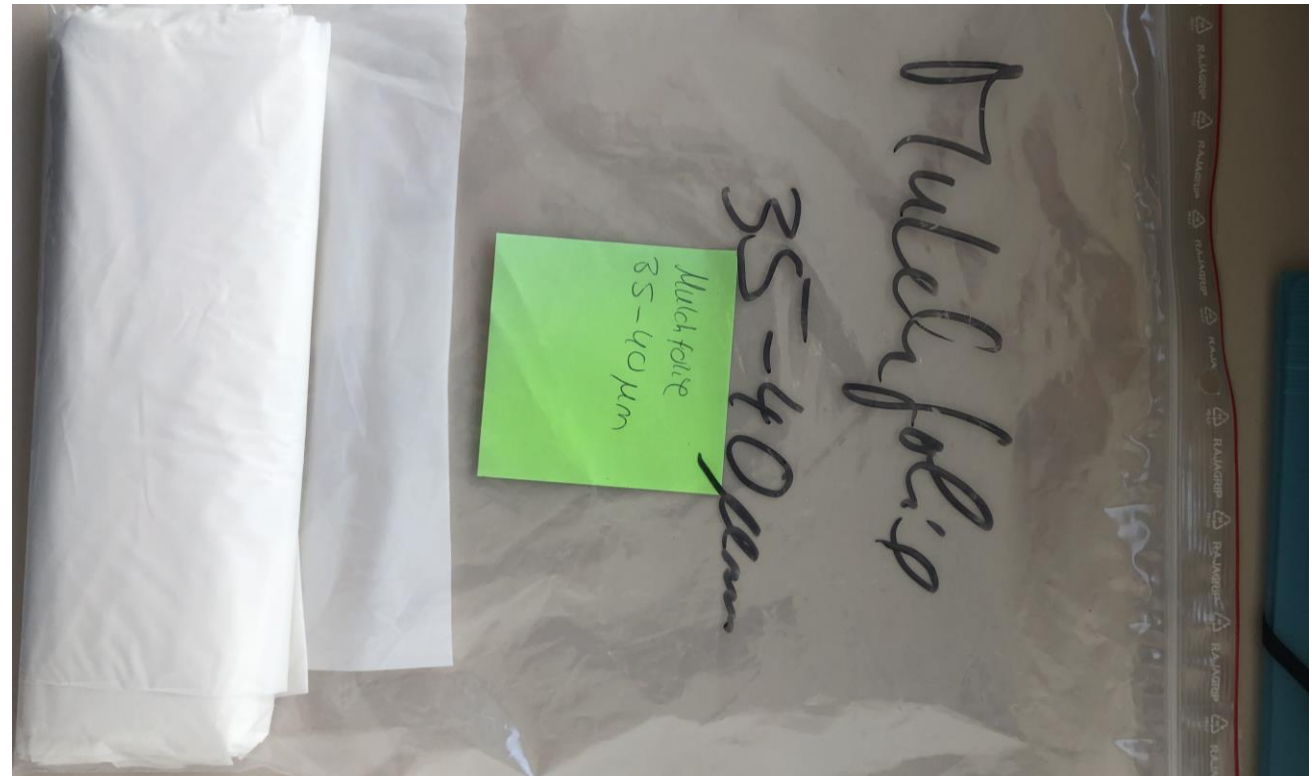
- Methode zur Dichtebestimmung der Mulchfolien-Fragmente
- Nach 12 Wochen Dichteerhöhung um > 48 %
- Wasser hat eine Dichte von 0,998 g/mL (bei 20 °C) -> Zu Beginne (Woche 0) befand sich das MP noch auf der Wasseroberfläche, aber im Laufe der Zeit in der LKA sank es auf den Boden der LKA.

V1b: Ergebnisse weiße, biobasierte Mulchfolie Typ „FKuR BioFlex“

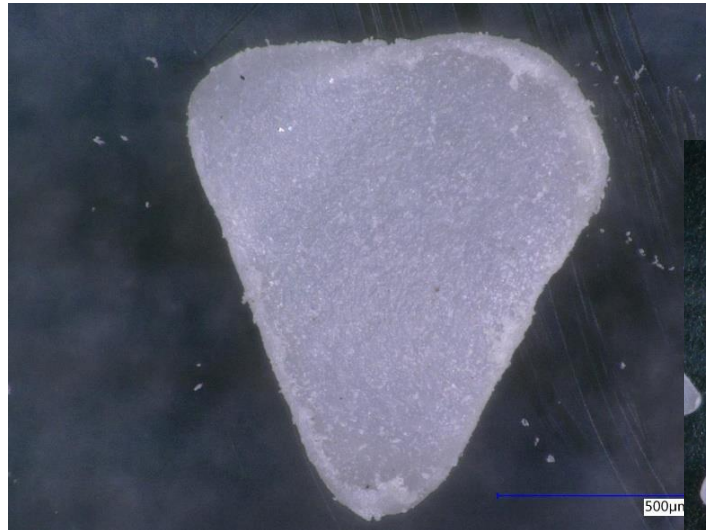
Polymertyp: PLA-/PBAT-Blend

Biobasiert, biologisch abbaubar

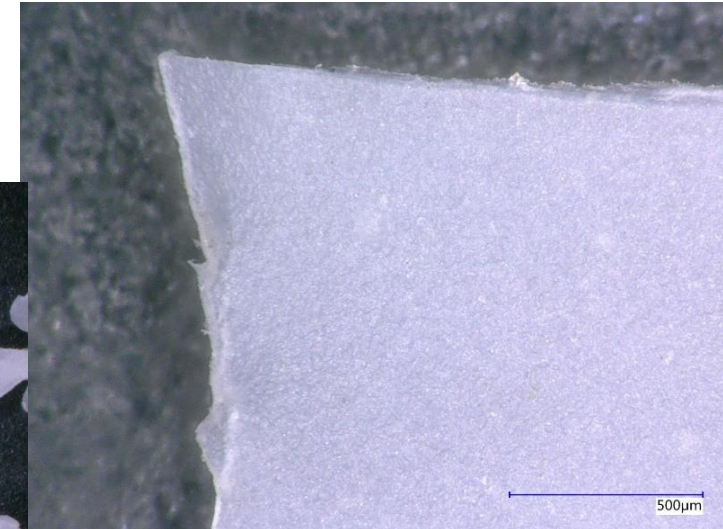
35-40 μm



Sehr glatte Oberfläche

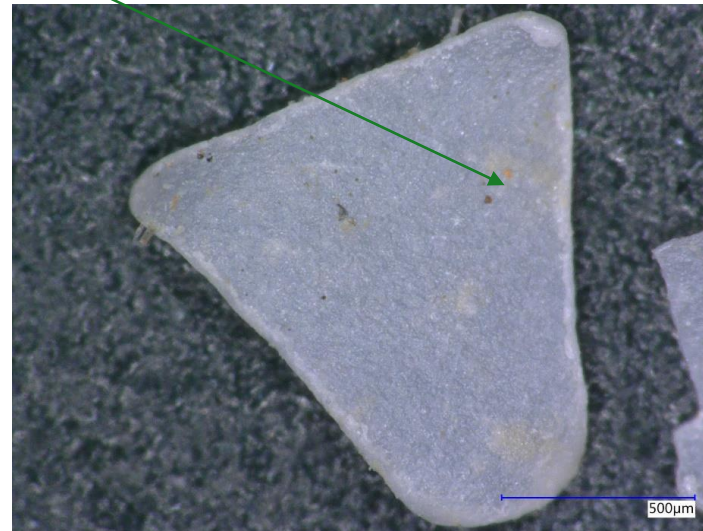
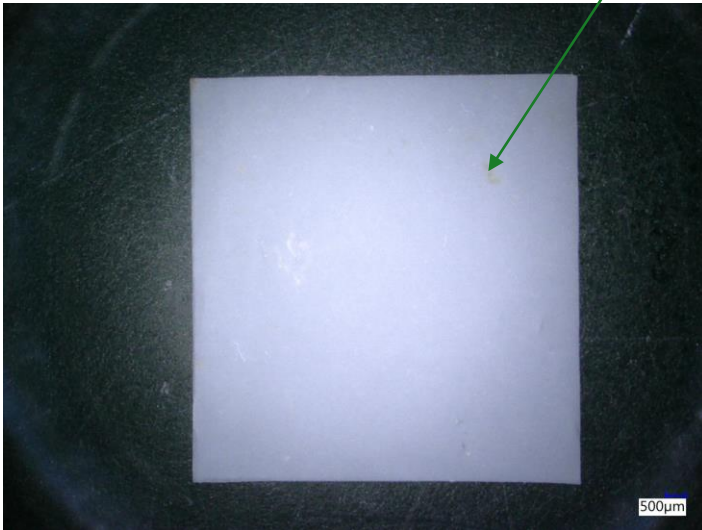


Partikel haben glatte Kanten trotz Kryovermahlung



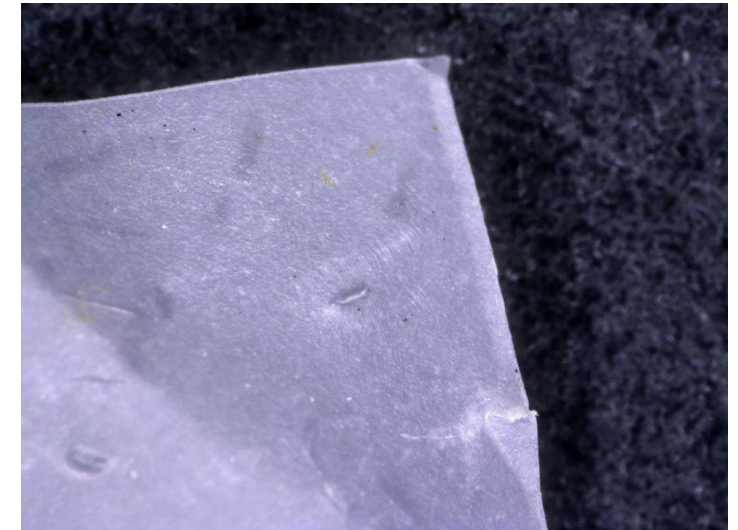
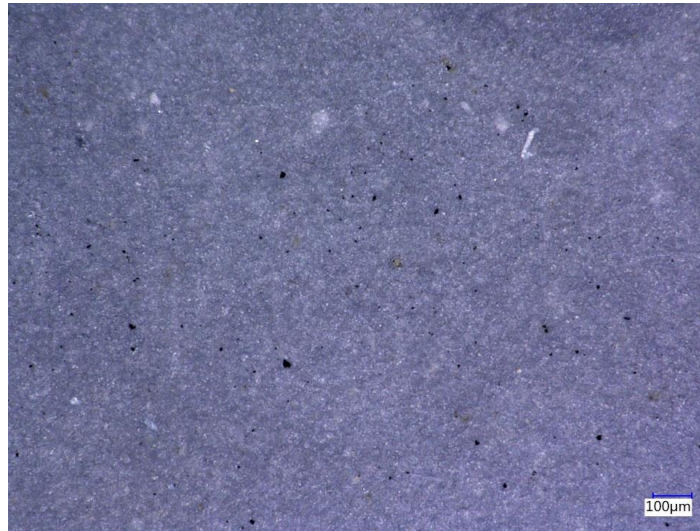
Leichte bräunliche Flecken durch Bewuchs

Veränderungen an den Rändern der Partikel

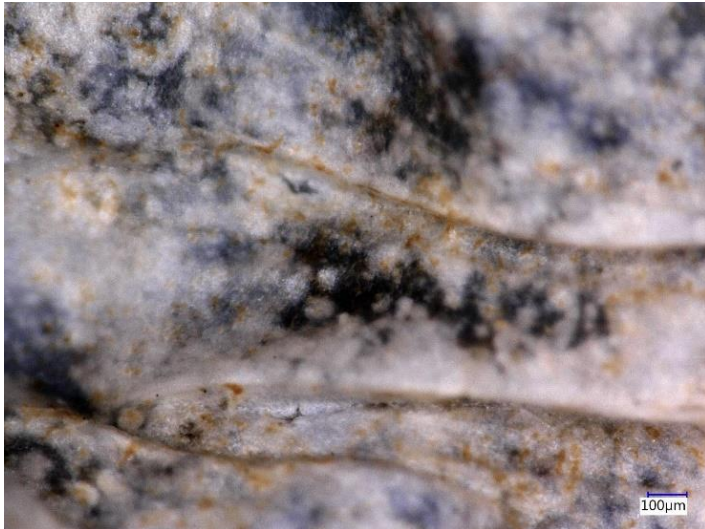


Bräunlicher und weißer Bewuchs

Kratzer, teilweise Risse und
Löcher



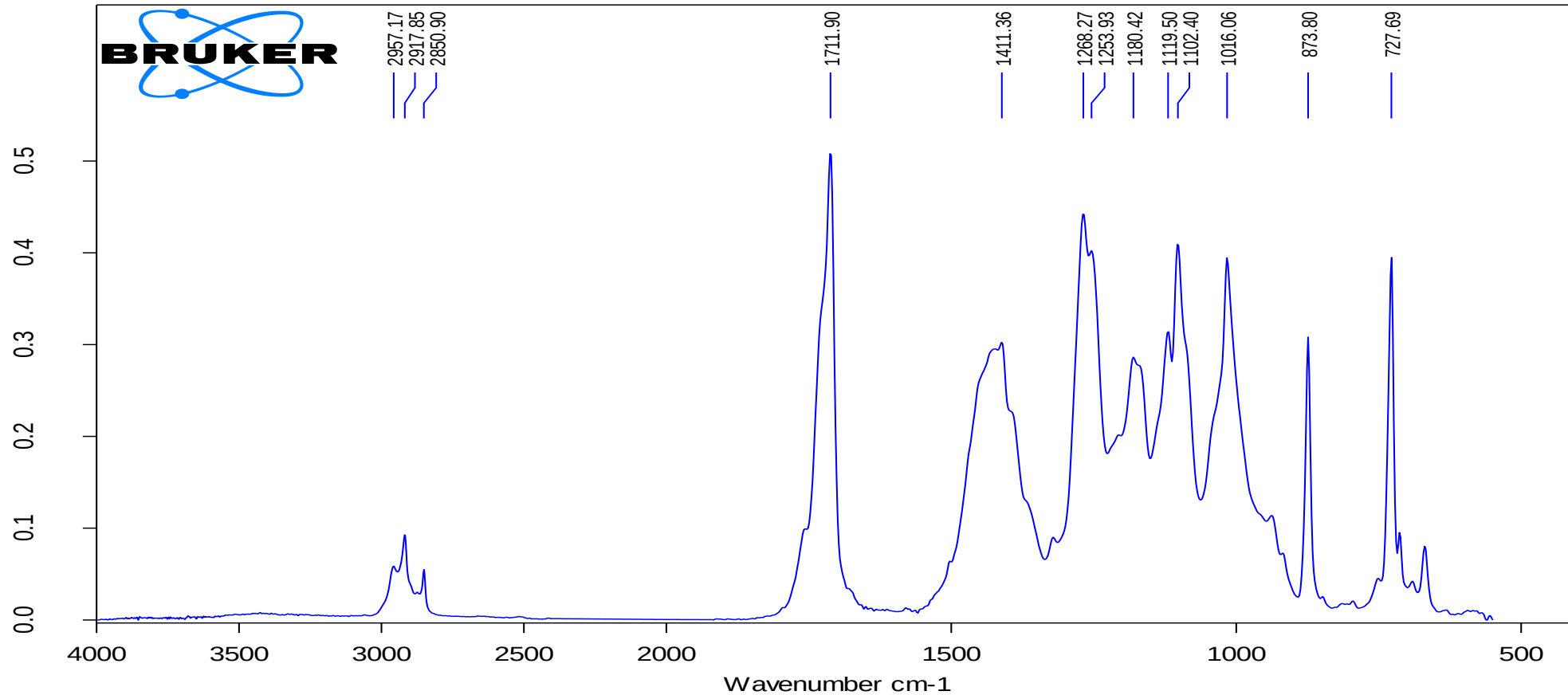
Starker Bewuchs in braun und weiß auf Folien-Quadraten und -Partikeln



Folie sehr dünn geworden,
schwarzer Untergrund erkennbar

Folien weisen Risse und Löcher
auf



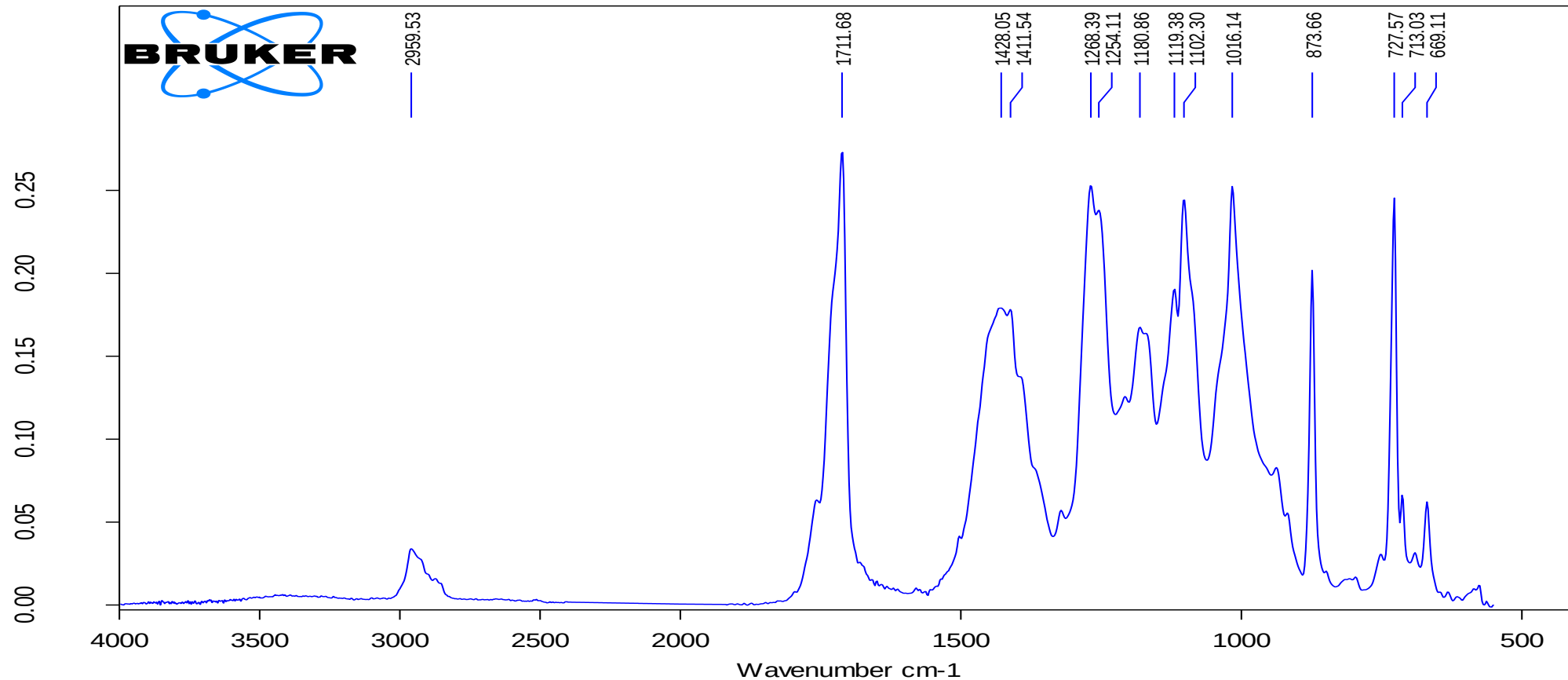


D:\1_IR_Daten\OE320\benj\PLA.PBAT\Woche 0\PLA.PBATw0.0

PLA.PBATneu

ATR

26.10.2021

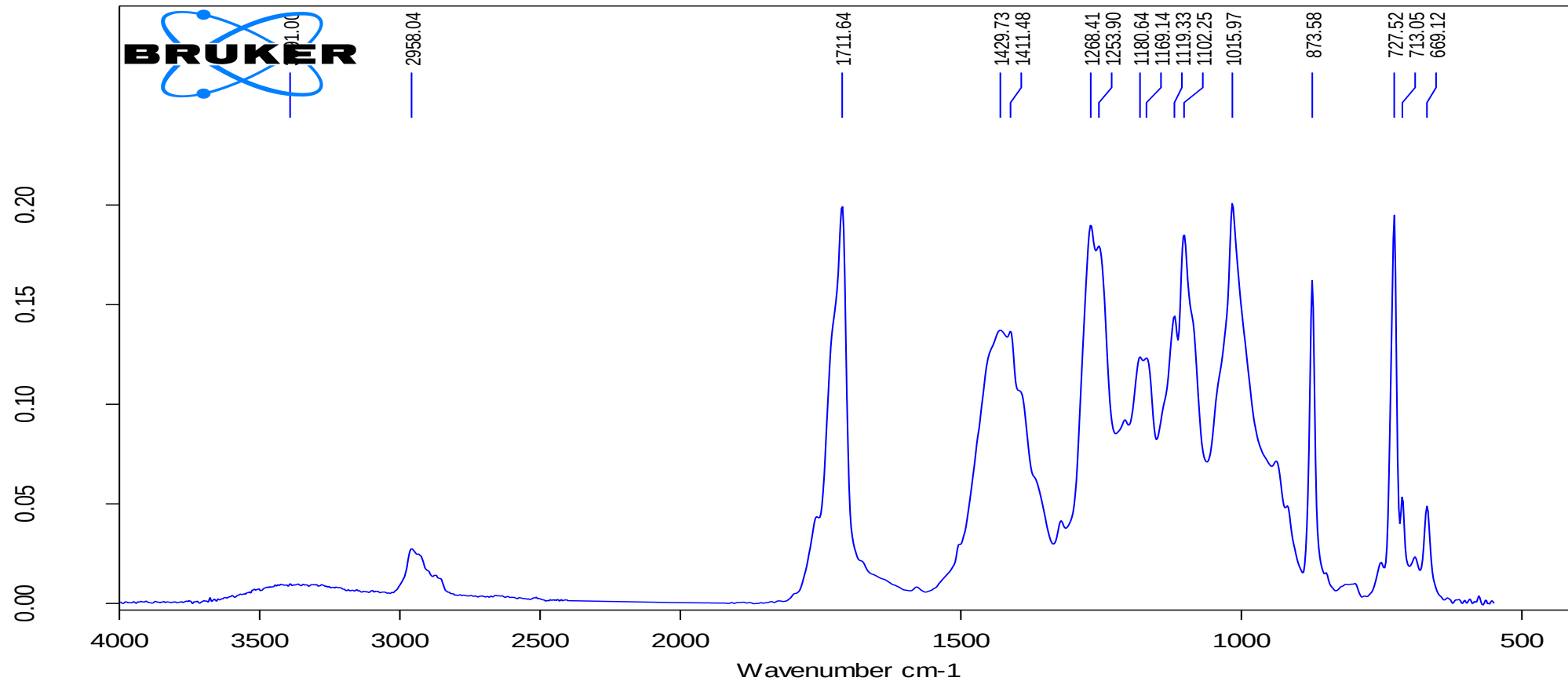


D:\1_IR_Daten\OE320\benj\PLA.PBATWoche 2\PLA.PBATw2.0

PLA.PBATw2

ATR

04.11.2021

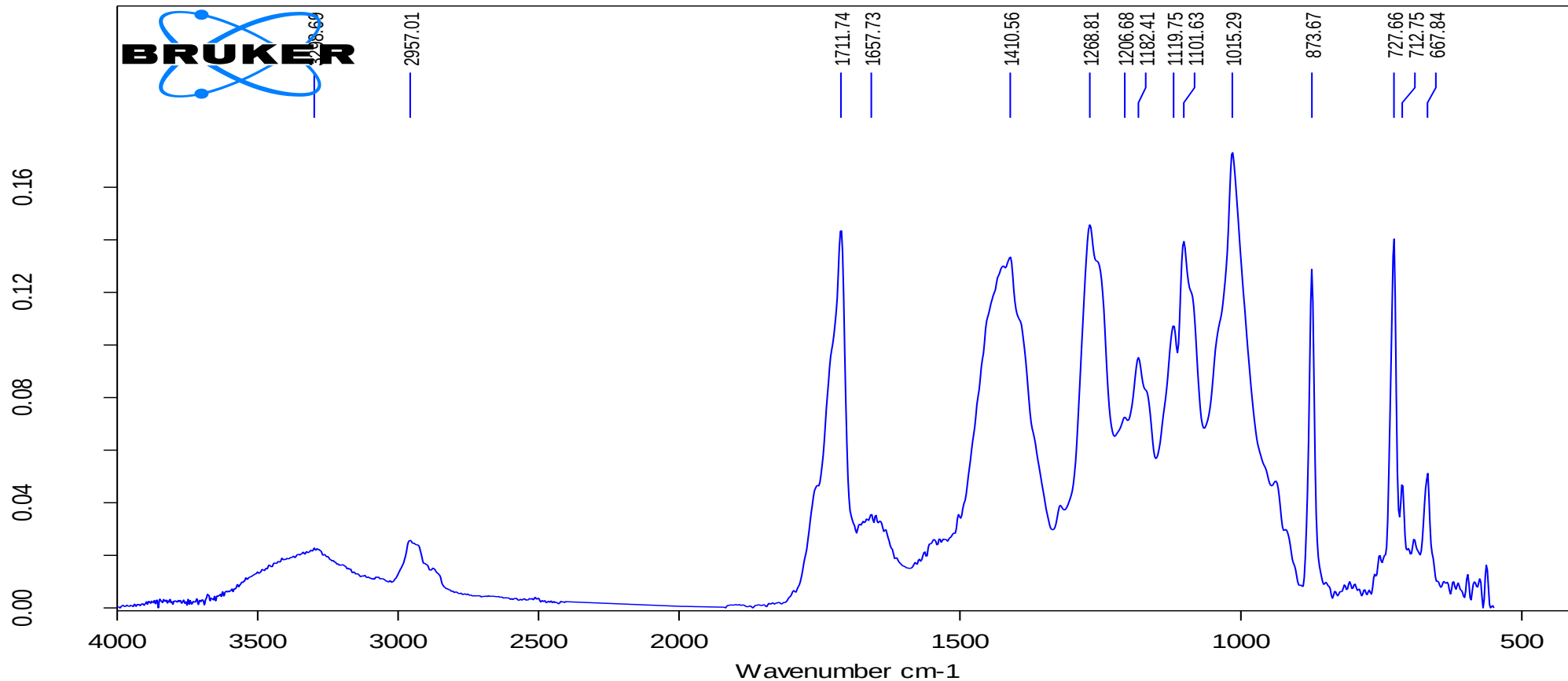


D:\1_IR_Daten\OE320\benj\PLA.PBAT\Woche 4\PLA.PBATw4.0

PLA.PBATw4

ATR

04.11.2021

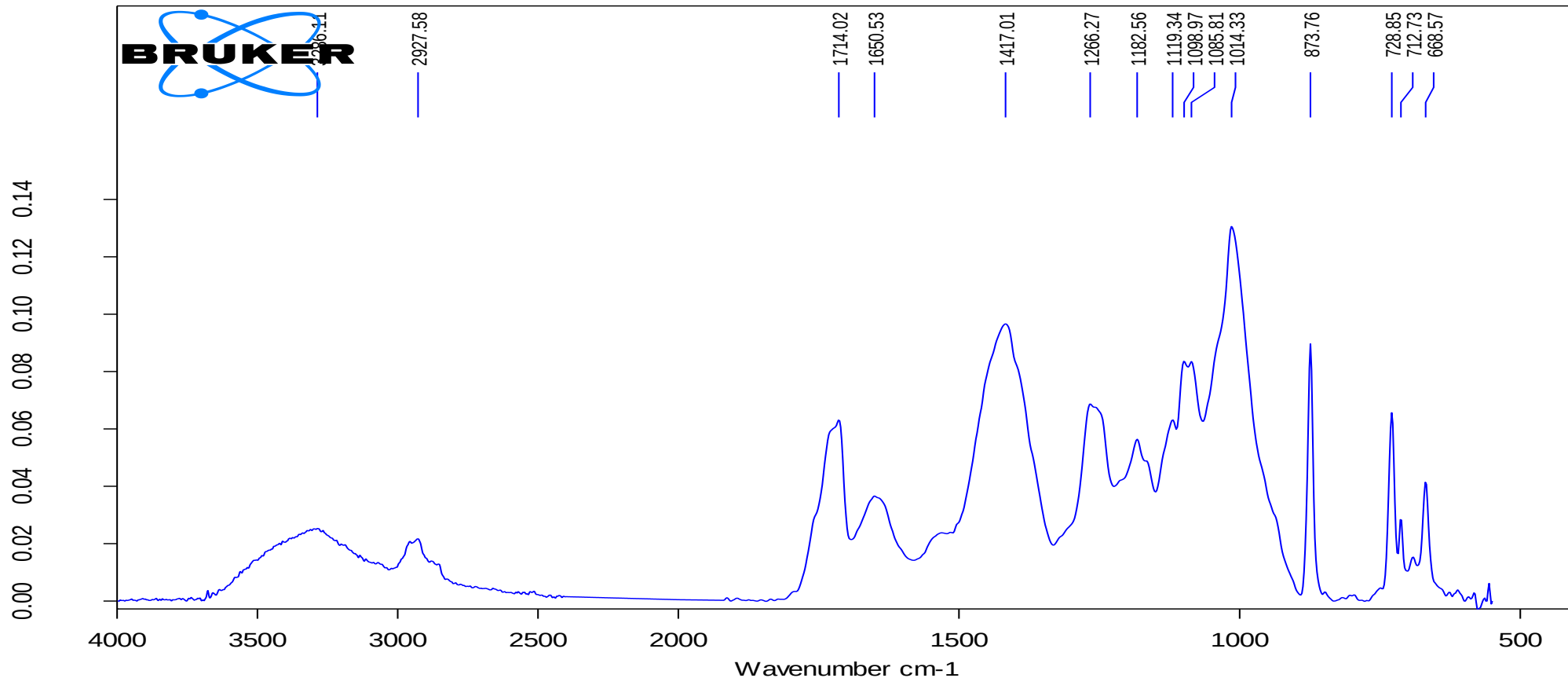


D:\1_IR_Daten\OE320\benj\PLA.PBATWoche 8\PLA.PBATw8.0

PLA.PBATw8

ATR

12.11.2021



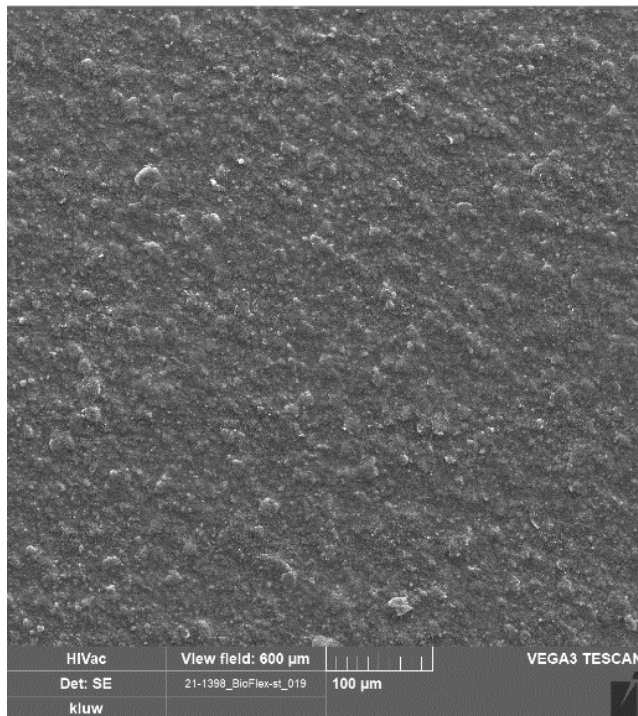
D:\1_IR_Daten\OE320\benj\PLA.PBATw9neu.0

PLA.PBATw9neu

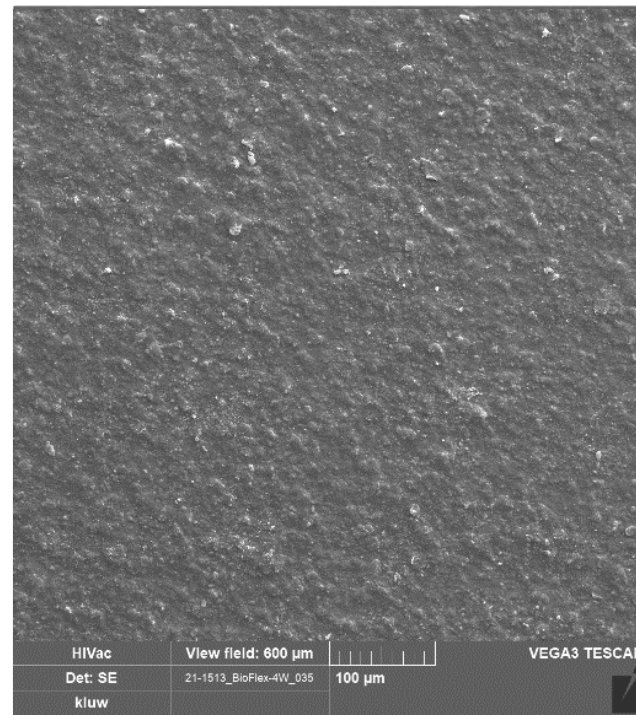
ATR

12.11.2021

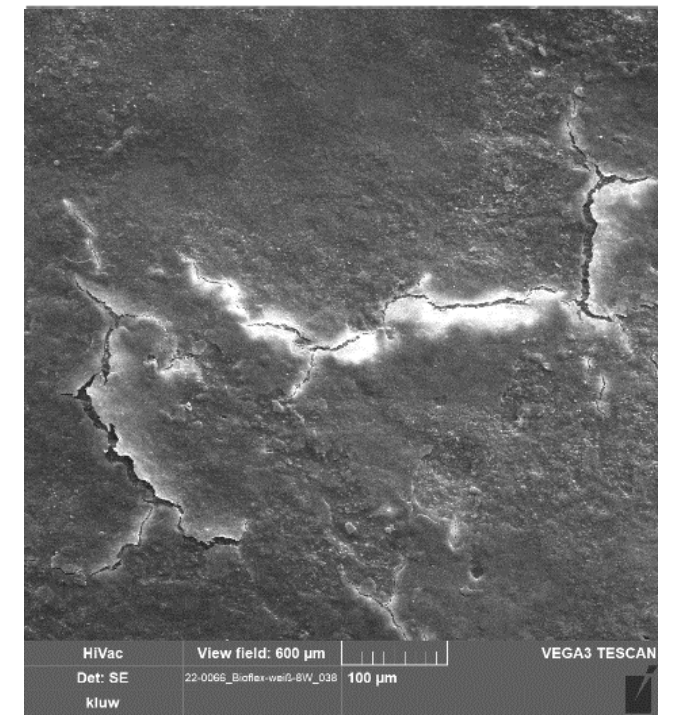
0 Wochen



4 Wochen



8 Wochen



	Mg	Al	Si	P	S	Ca	Ti	Mn	Fe	Zn	Rh	Summe
Woche 0	6,3	0	9,9	0	0	81,2	0,6	0	2,0	0	0	100
Woche 12	4,2	0,9	8,1	0,6	0,3	82,3	0,2	0,1	2,8	0,5	0	100

- **Anorganische Additive: Mg, Si, Ca, Ti und Fe**
- **Zudem wurden Elemente nachgewiesen, welche im ursprünglichen Material nicht vorhanden sind (Al, P, S, Mn, Zn)**
- **Calcium stammt von CaCO_3 (Kreide)**
- **Magnesium und Silizium stammen von $\text{Mg}_3[(\text{OH})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}]$ (Talk)**

	δ in g/cm ³
Woche 0	1,36865
Woche 12	2,31497

- Dichteerhöhung um $> 69 \%$
- Wasser hat eine Dichte von 0,998 g/mL (bei 20 °C) -> MP ist auf dem Grund der LKA zu finden

Verwitterungsversuche Zusammenfassung

Während der Zeit im Wasser findet bei den MuFos Bewuchs und Verwitterung statt

- Stärkere Effekte waren nach ca. 8 Wochen auszumachen
- Der Bewuchs ist bei der biobasierten Folie stärker als bei der erdölbasierten Mulchfolie
- Verwitterung der Bio-Mulchfolie ist stärker (z. T. Risse und Löcher)

Die Dichte erhöht sich bei beiden Folientypen deutlich

- Folienpartikel werden in Gewässern über die Zeit Richtung Sediment absinken

Anzahl und Massen-Anteile der Elemente in (an?) den Folientypen verändern sich mit der Zeit

Die FTIR-Spektren der MuFos verändern sich mit der Zeit durch Verwitterung und Bewuchs. Dadurch sind die MuFos z. T. schwer identifizierbar (KS und KS-Typ)

- Der Effekt der „Bio-Mimikry“ gilt ausschließlich für Bio-MuFos und beginnt nach 4-8 Wochen Verwitterungszeit
- durch Behandlung mit 10 %-iger HCl ist dieser Prozess reversibel

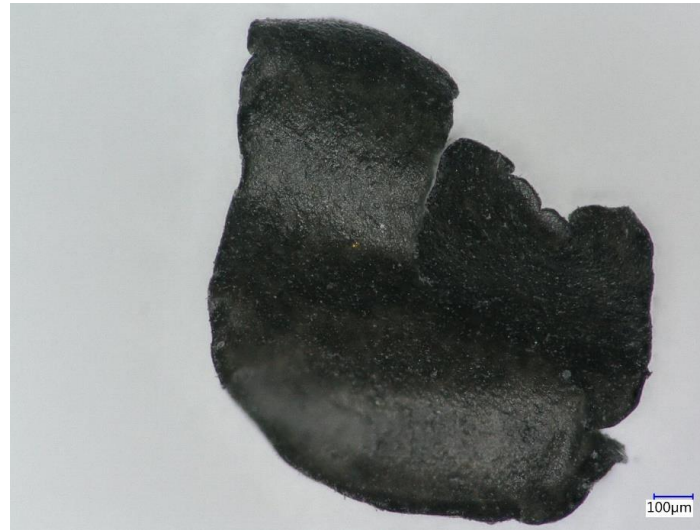
V2a: Ergebnisse schwarze, biobasierte Mulchfolie Typ „FKuR BioFlex“

Polymertyp: PLA-/PBAT-Blend
Biobasiert, biologisch abbaubar
12-15 μm



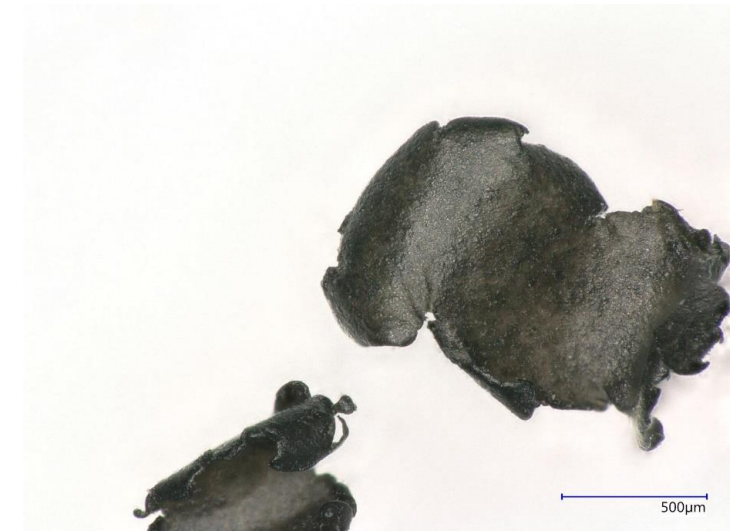
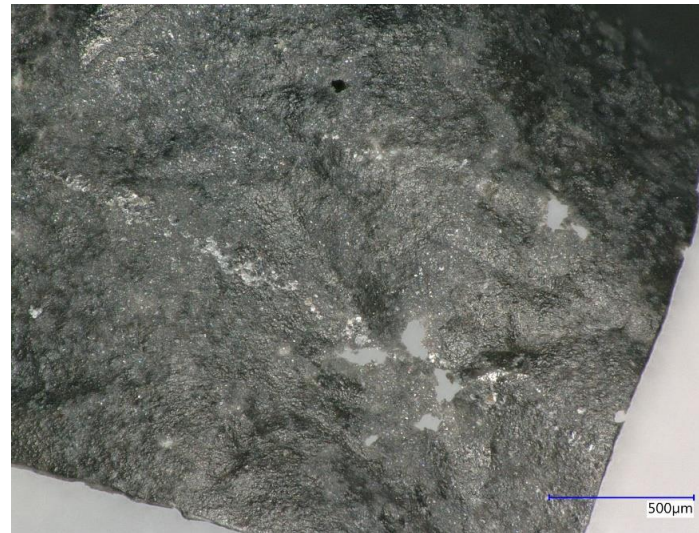
Strukturierte Oberfläche mit vielen kleinen Unebenheiten

Partikel haben glatte Kanten trotz Kryovermahlung



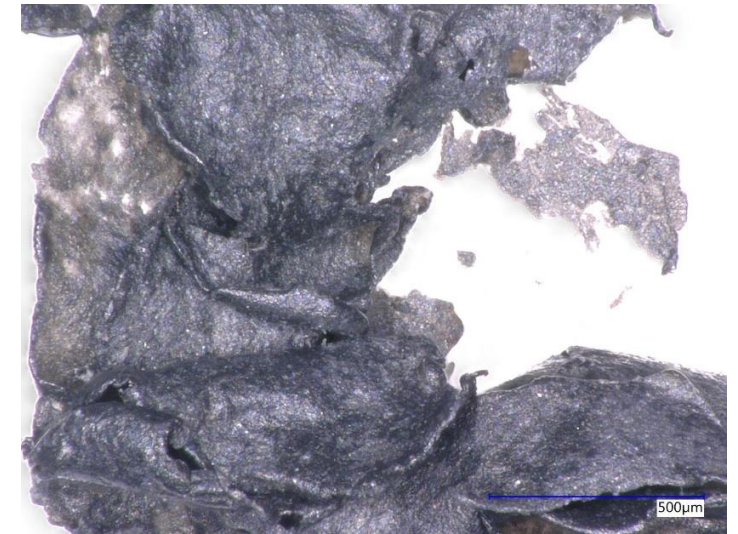
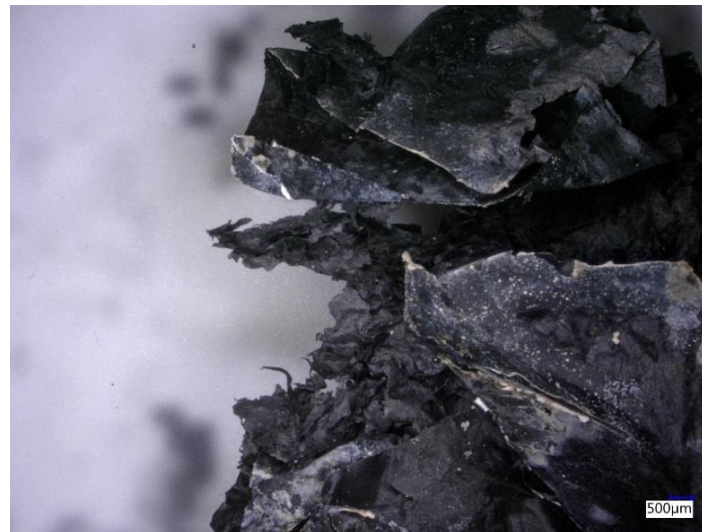
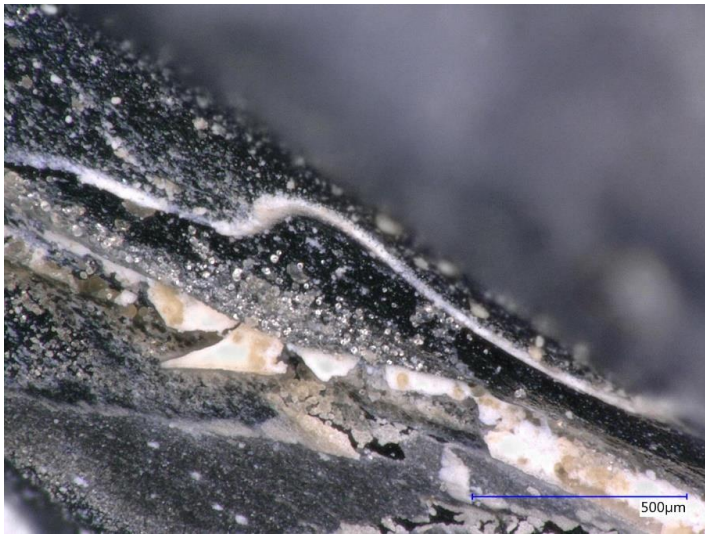
Bewuchs und Beläge

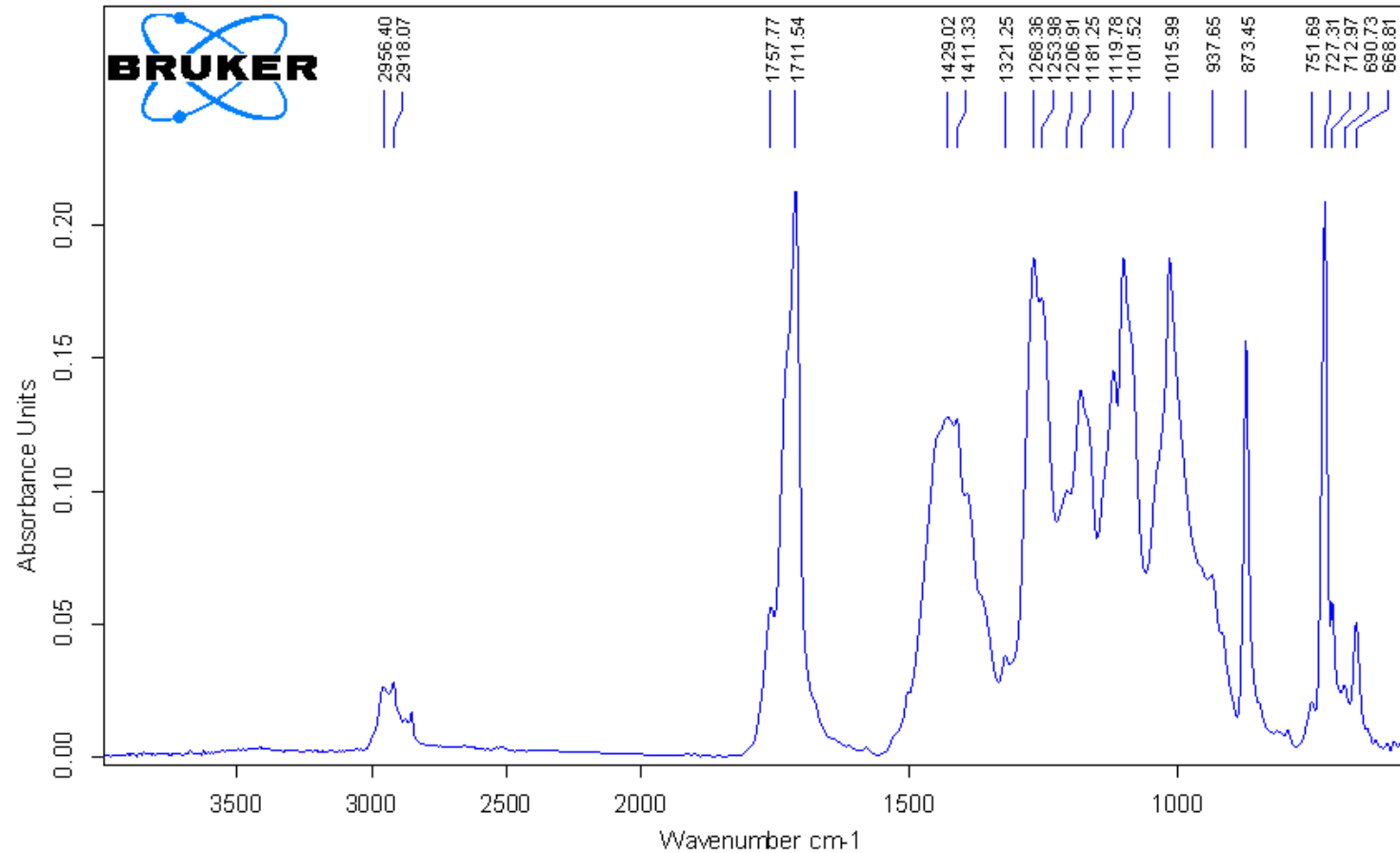
Partikel haben glatte Kanten trotz Kryovermahlung



Starker Bewuchs und Beläge

Material rissig und spröde zudem
sind Löcher erkennbar



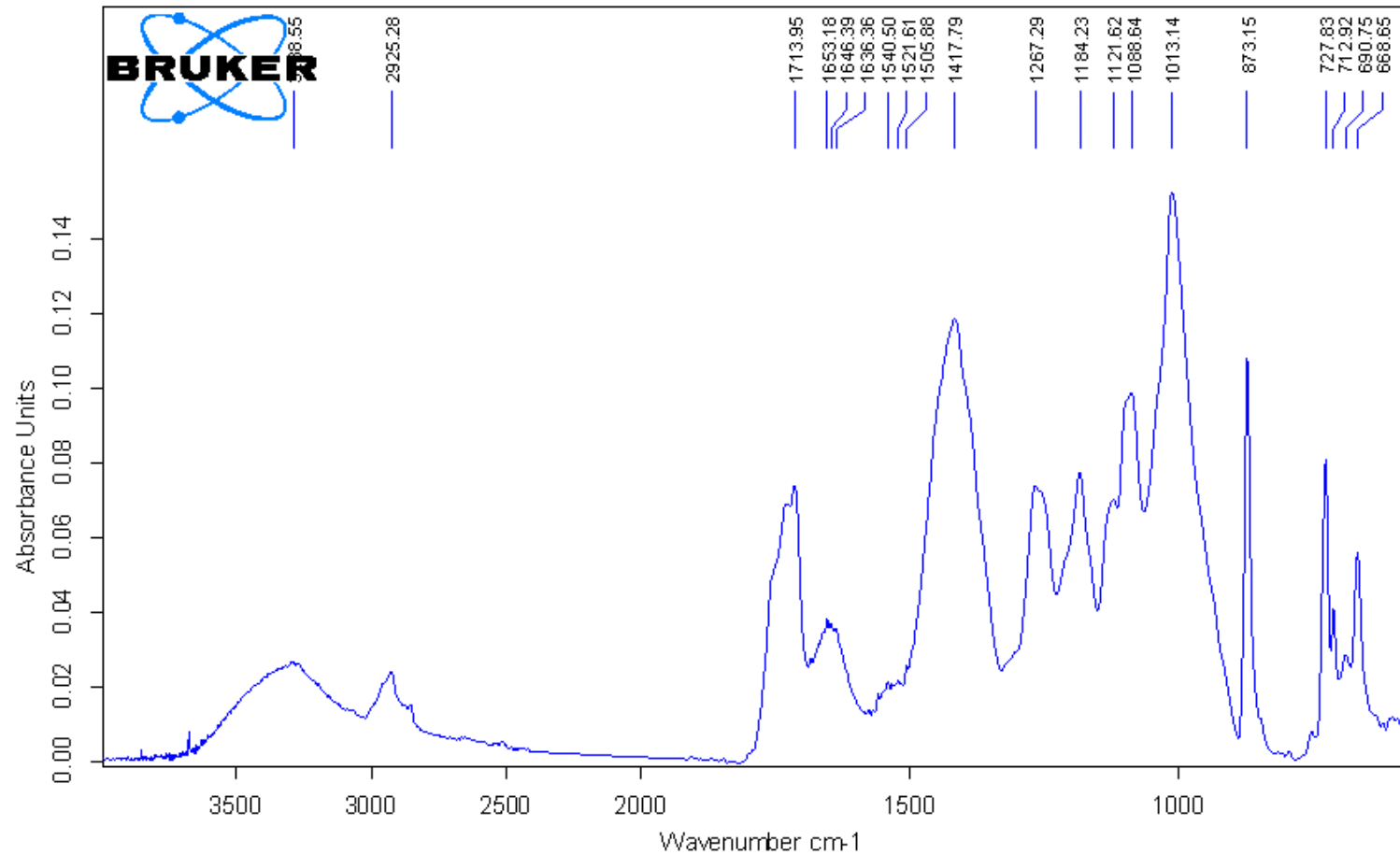


D:\1_IR_Daten\OE 320\benj\Versuch 2\BioFlex\w0\BFw0.0

BFw0

ATR

25.11.2021

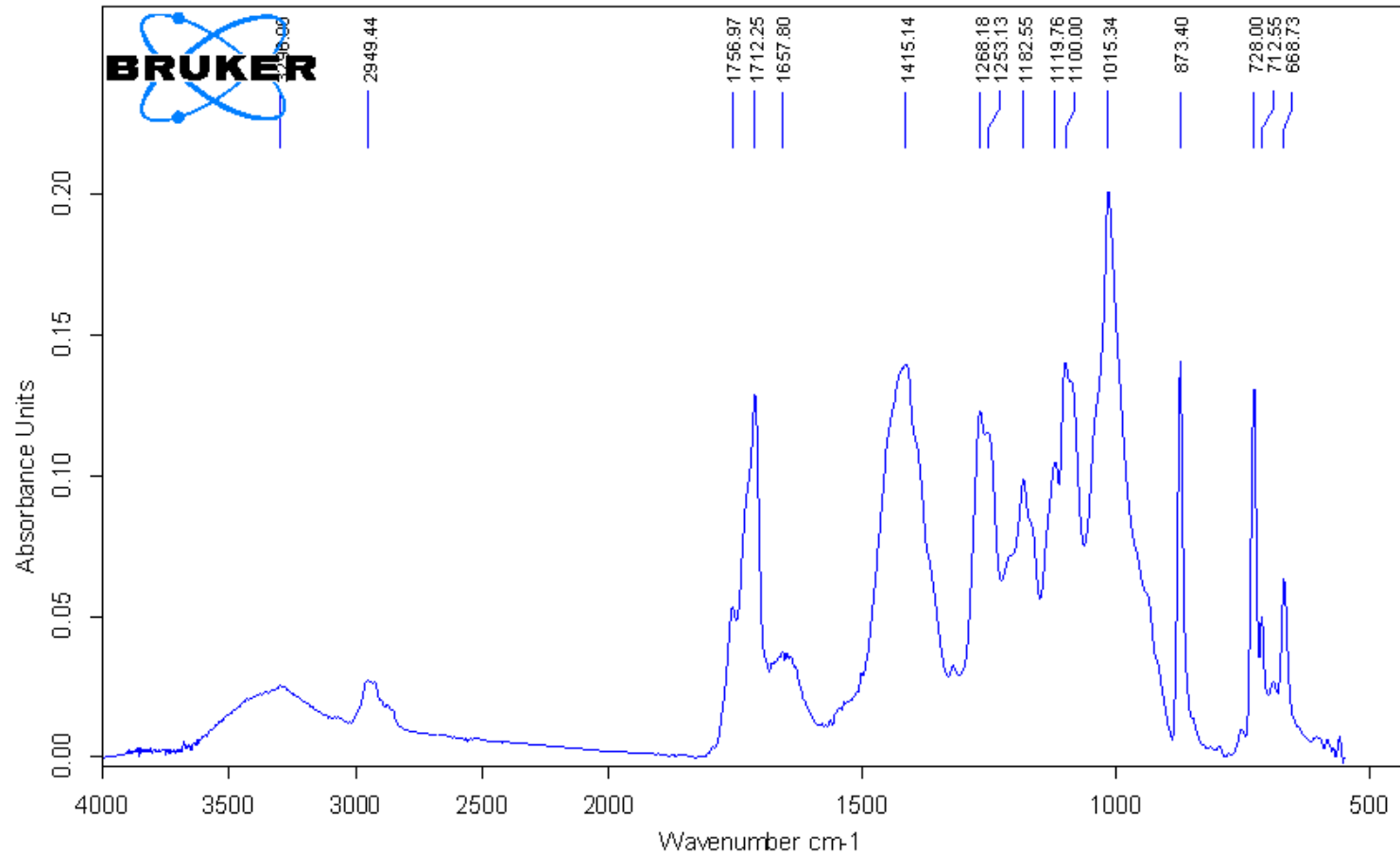


D:\1_IR_Daten\OE 320\benj\Versuch 2\BioFlex\w2\BFw2.0

BFw2

ATR

14.12.2021

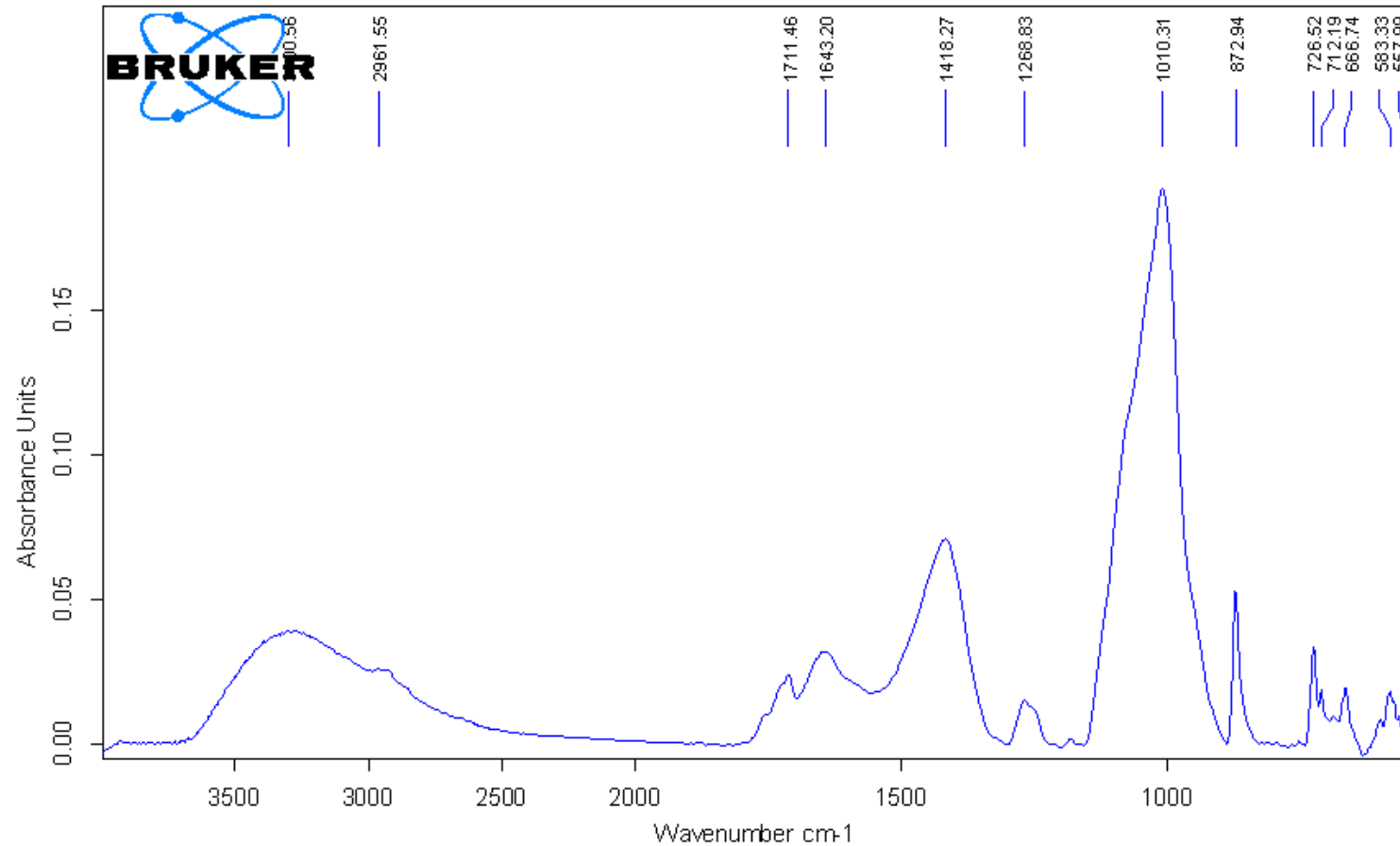


D:\11_IR_Daten\OE 320\benj\Versuch 2\BioFlex\w4\BFw4.1

BFw4

ATR

13.01.2022



D:\1_IR_Daten\OE 320\benj\Versuch 2\BioFlex\w8\BFw8.0

BFw8

ATR

26.01.2022

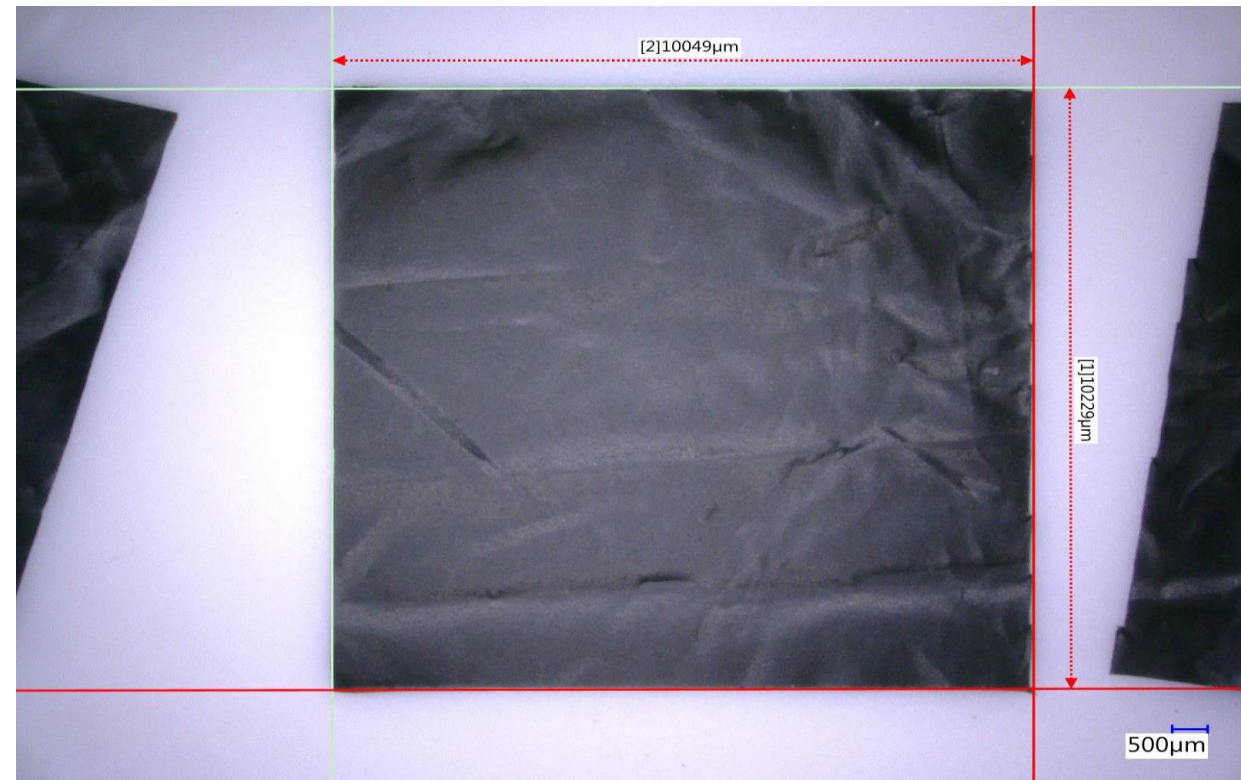
	Mg	Si	P	S	Ca	Ti	Cr	Fe	Cu	Rh
Woche 0	1,5	2,0	0	0,05	15,8	0,05	0,02	0,4	0,02	0
Woche 12	1,7	2,1	0,1	0,12	17,2	0,04	0,01	0,3	0,01	0

	δ in g/cm ³
Woche 0	1,84167
Woche 12	2,49893

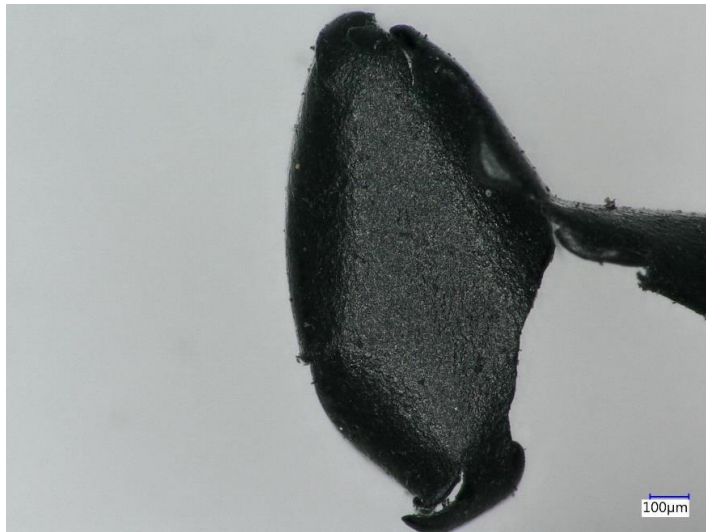
- Dichteerhöhung um $> 35 \%$
- Wasser hat eine Dichte von 0,998 g/mL (bei 20 °C) -> MP ist auf dem Grund der LKA zu finden

V2b: Ergebnisse schwarze, biobasierte Mulchfolie Typ „BASF Ecovio M2351“

Polymertyp: PLA-/PBAT-Blend
Biobasiert, biologisch abbaubar
12-15 μm

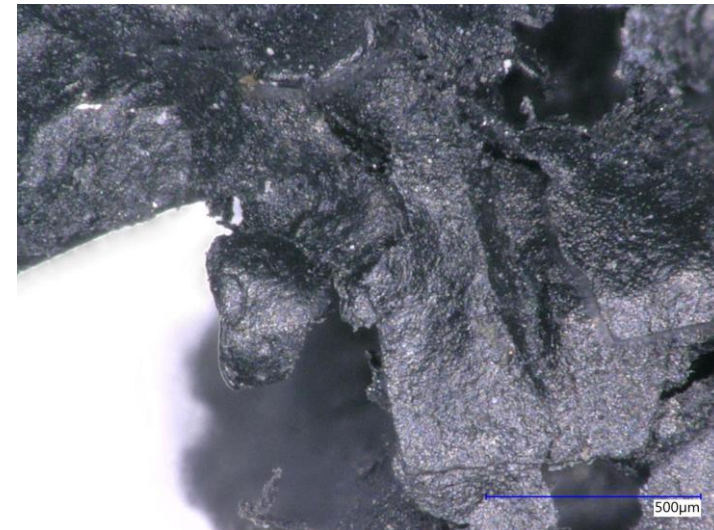
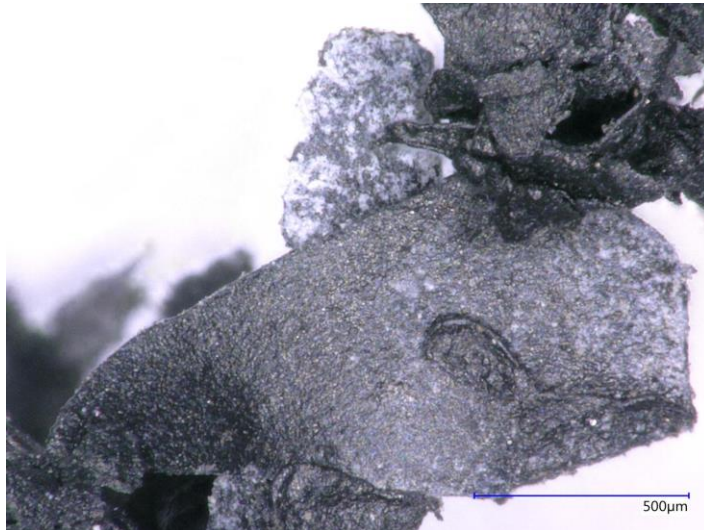


Strukturierte Oberfläche mit vielen kleinen Unebenheiten

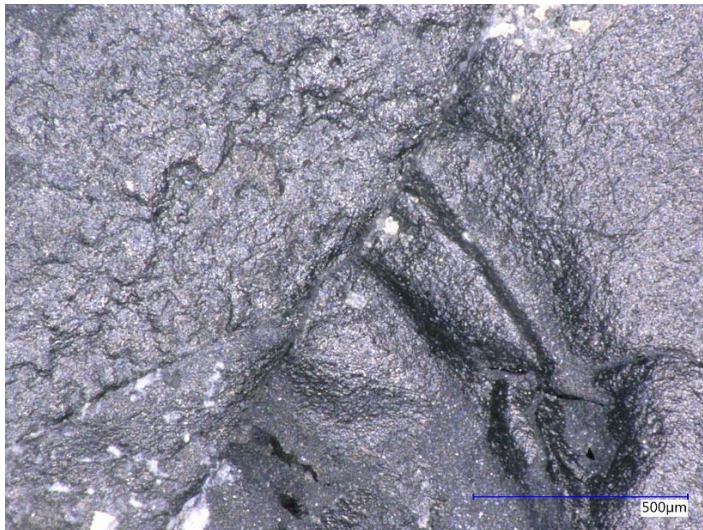


Partikel haben glatte Kanten trotz Kryovermahlung

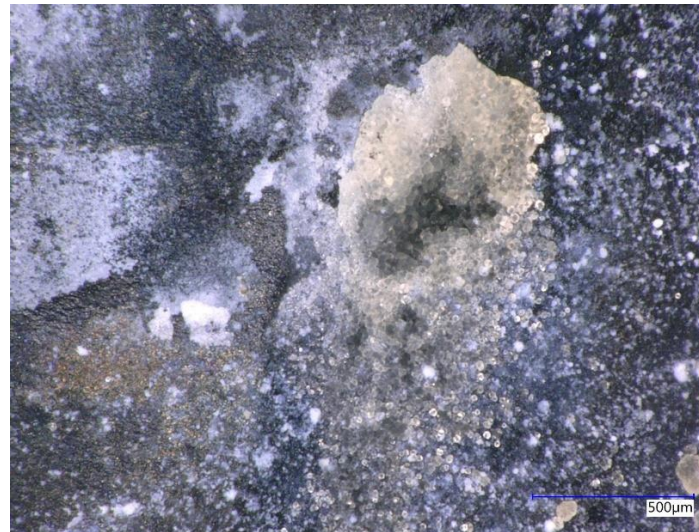


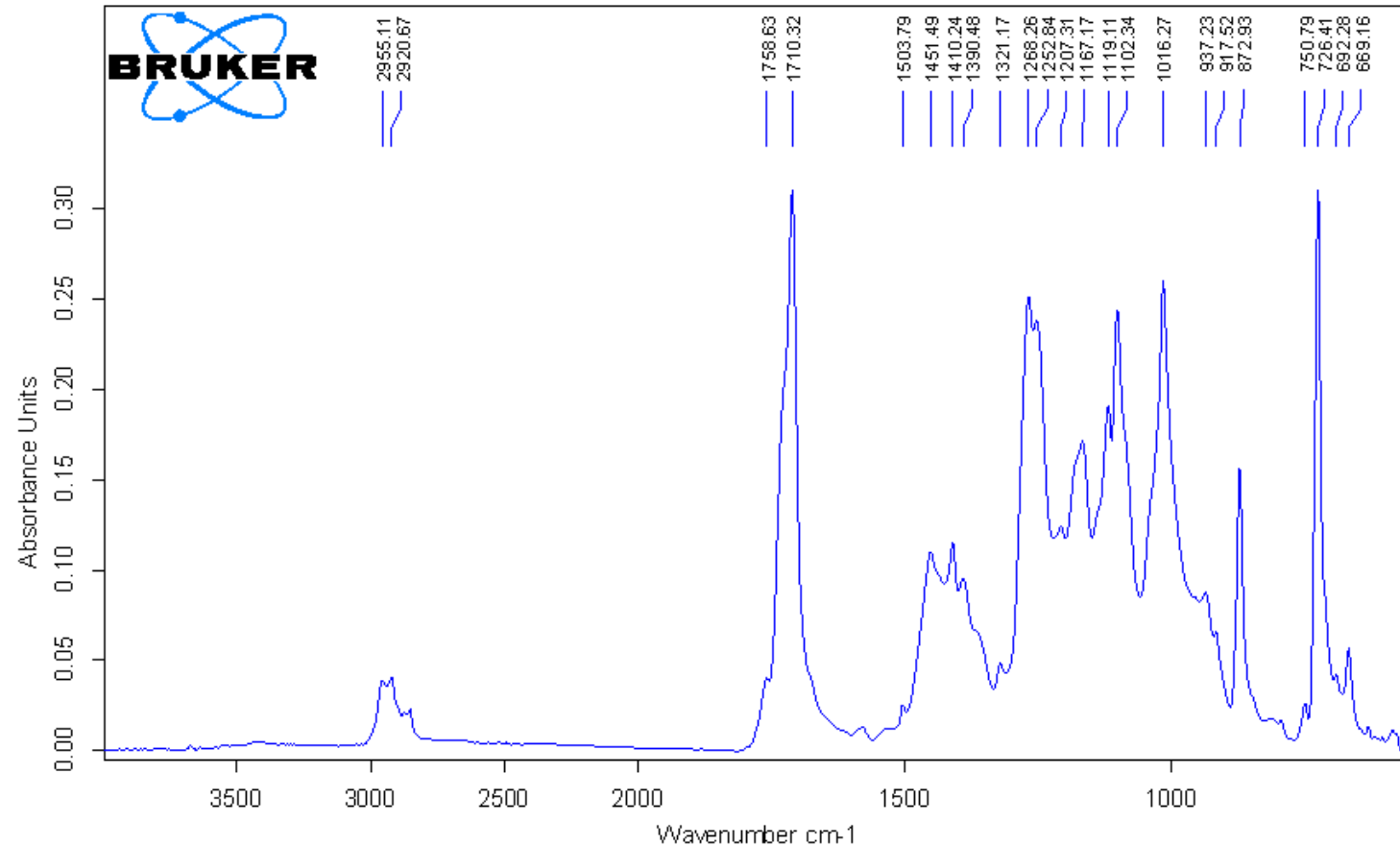


Teils starker Bewuchs



Verwitterung sichtbar



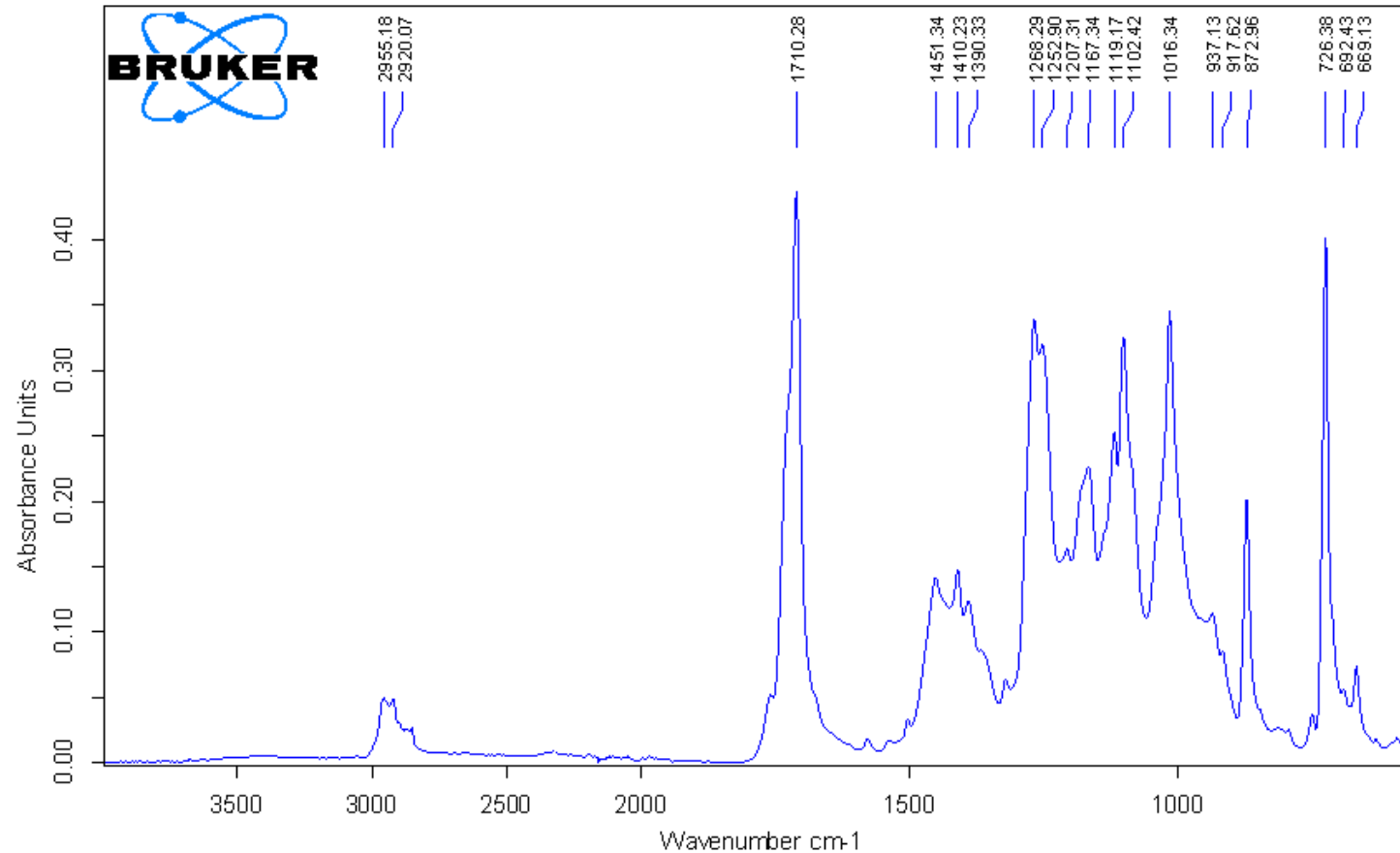


D:\1_IR_Daten\OE 320\benj\Versuch 2\Ecow0\w0\Ecow0.0

Ecow0

ATR

25.11.2021

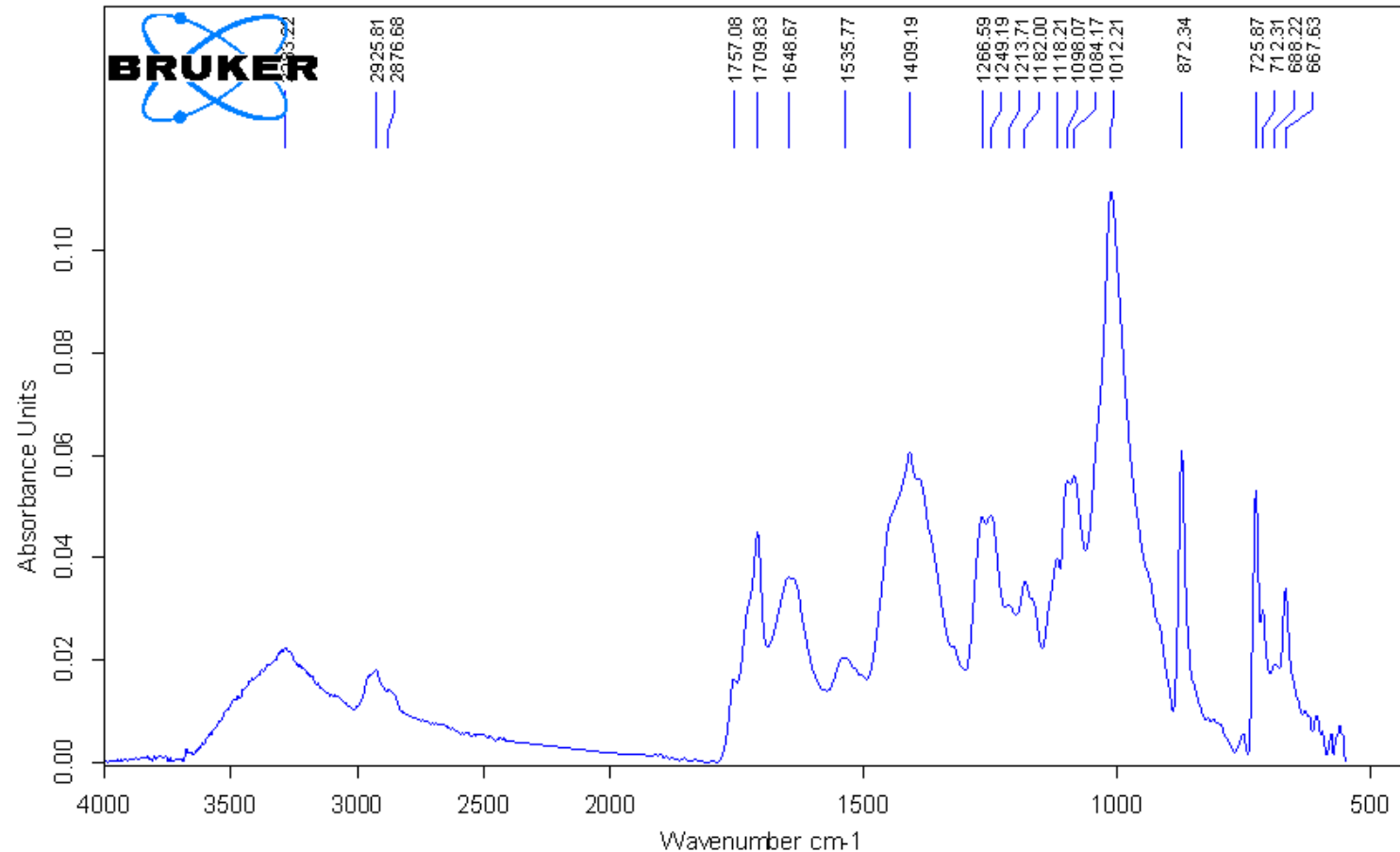


D:\1_IR_Daten\OE 320\benj\Versuch 2\E cow\w2\E cow2.0

E cow2

ATR

14.12.2021

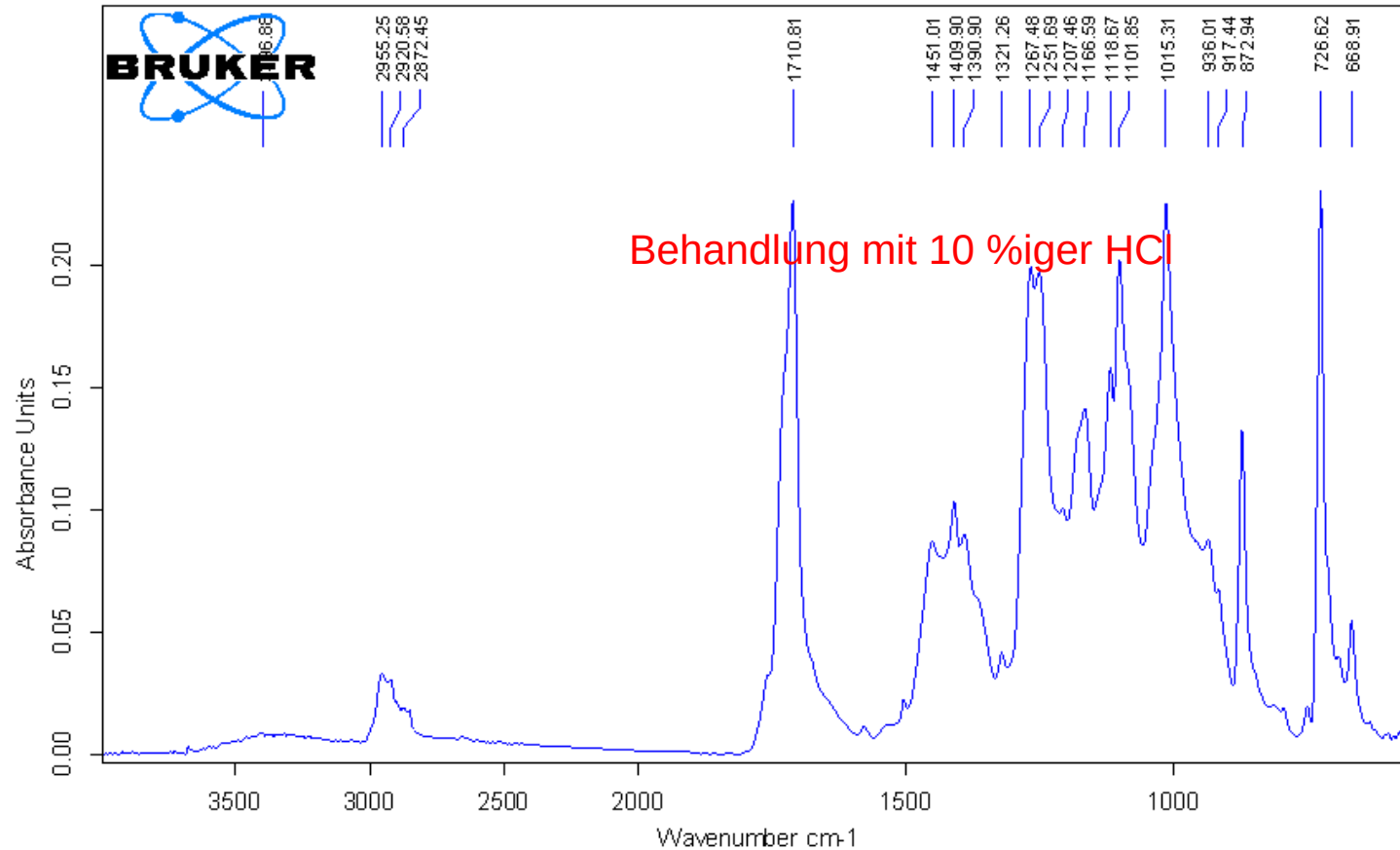


D:\11_IR_Daten\OE 320\benj\Versuch 2\Ecow4\w4\Ecow4.1

Ecow4

ATR

13.01.2022

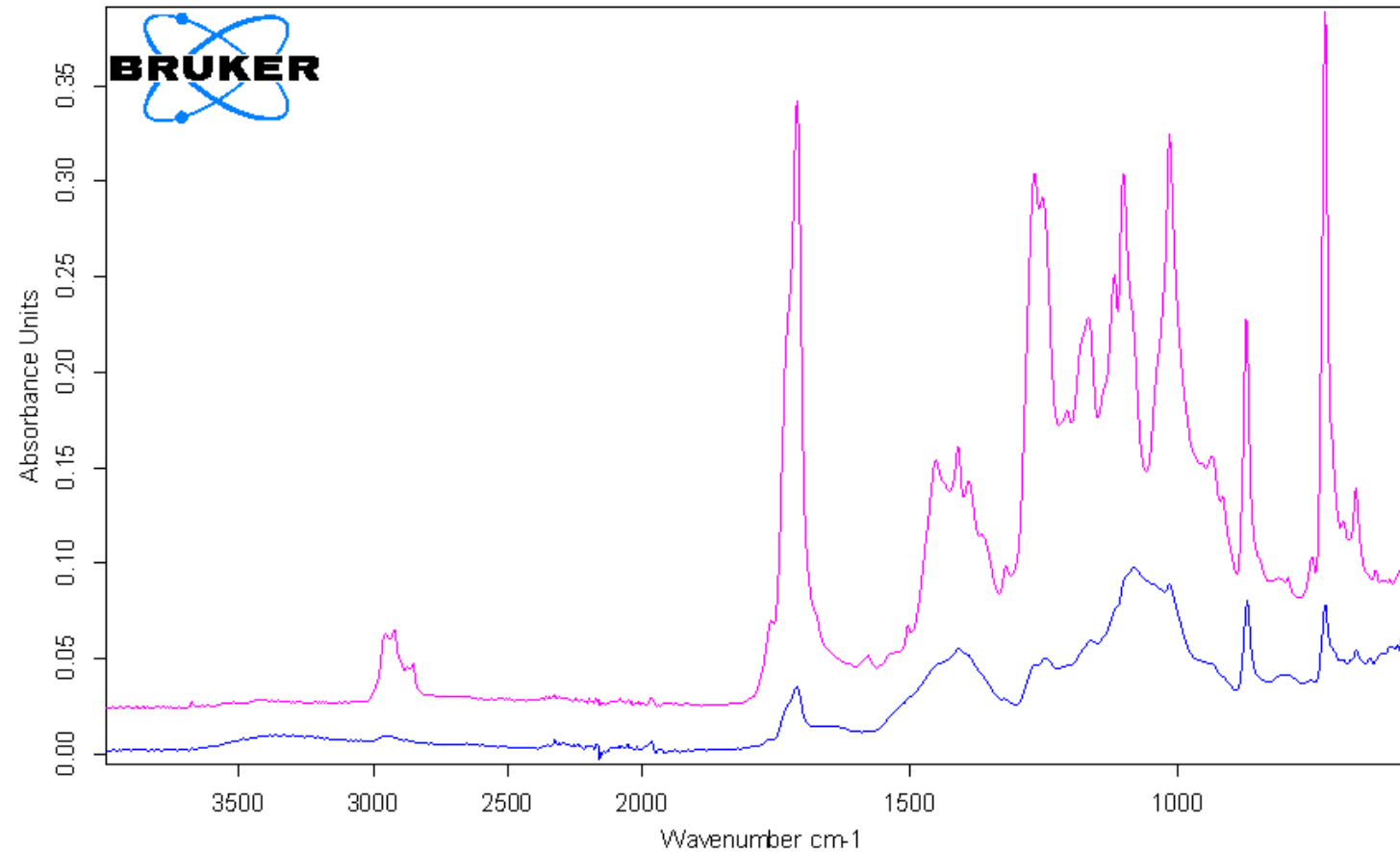


D:\1_JR_Daten\OE 320\benj\Versuch 2\ECow\w8\ECow8.0

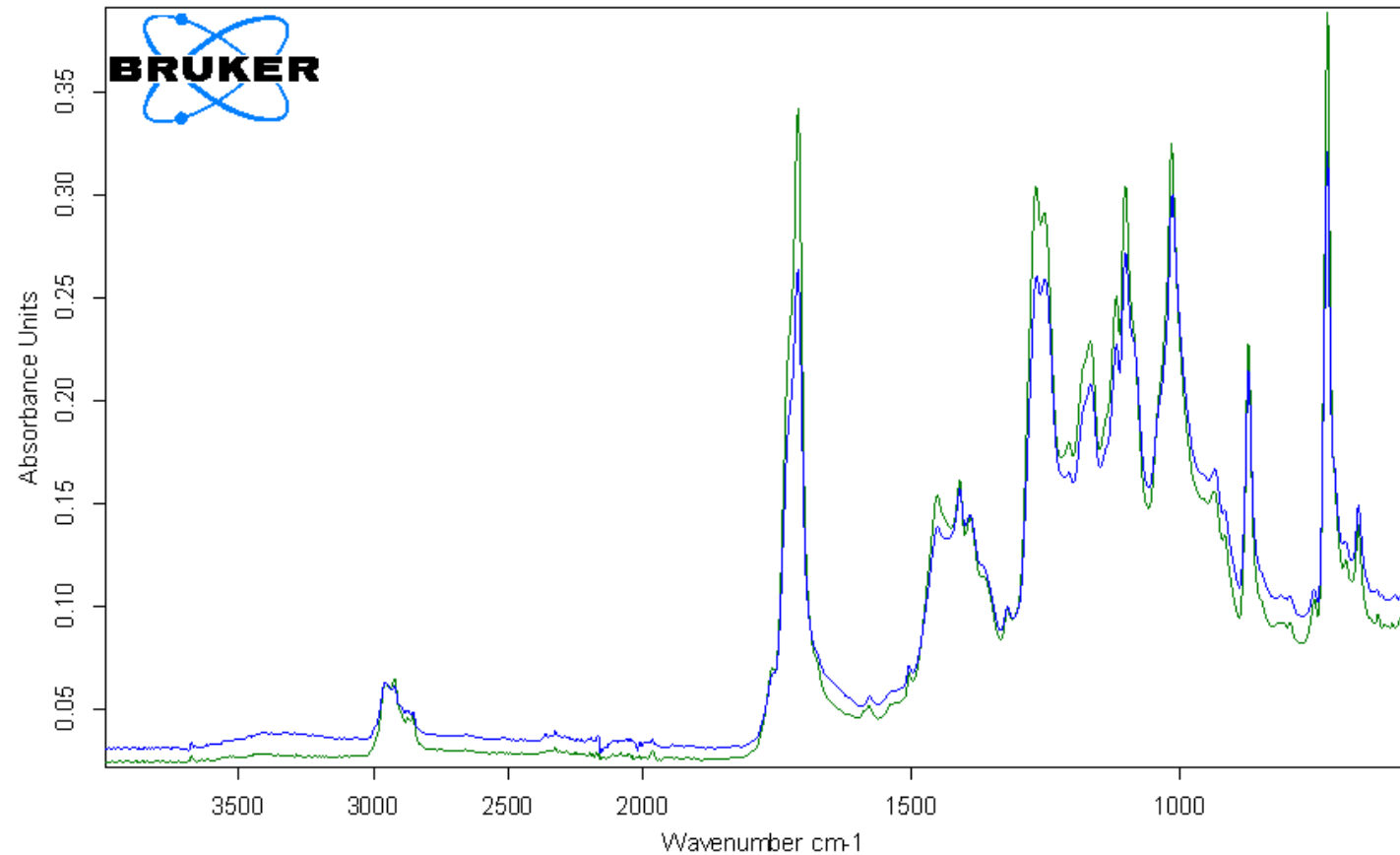
ECow8

ATR

26.01.2022



D:\1_IR_Daten\OE 320\benj\Versuch 2\Ecow\w6\Ecow6+Belag.0	ECow6+Belag	ATR	26.01.2022
D:\1_IR_Daten\OE 320\benj\Versuch 2\Ecow\w0\Ecow0.0	ECow0	ATR	25.11.2021



D:\11_IR_Daten\OE 320\benj\Versuch 2\Ecow\w8\ECow8.0	ECow8	ATR	26.01.2022
D:\11_IR_Daten\OE 320\benj\Versuch 2\Ecow\w0\ECow0.0	ECow0	ATR	25.11.2021

	Mg	Si	P	S	Ca	Ti	Cr	Fe	Cu	Rh
Woche 0	1,5	1,6	0	0,04	15,5	0,06	0,01	0,3	0,02	0
Woche 12	1,5	1,6	0,9	0,08	16,9	0,06	0,01	0,3	0,02	0

	δ in g/cm ³
Woche 0	1,85573
Woche 12	2,39887

- Dichteerhöhung um ca. 30 %
- Wasser hat eine Dichte von 0,998 g/mL (bei 20 °C) -> MP ist auf dem Grund der LKA zu finden