

Institut für Polymertechnologien e. V. und
Reitboden Stuckenberg RS GmbH

**Weiterentwicklung eines Verfahrens zur Aufbereitung
umweltbelastender verbrauchter Reitböden für neuartige
biologisch verträgliche Reitschichten**

Abschlussbericht über ein Entwicklungsprojekt,
gefördert unter dem Az. 34106/01 von der
Deutschen Bundesstiftung Umwelt

von

Prof. Dr.-Ing. Harald Hansmann, Kay Dietze M.Eng. & Rainer Stuckenberg

Wismar, März 2020



ABSCHLUSSBERICHT (8.6.2018-7.12.2019)

„Weiterentwicklung eines Verfahrens zur Aufbereitung umweltbelastender verbrauchter Reitböden für neuartige biologisch verträgliche Reitschichten“ (Az. 34106/01)

Rainer Stuckenberg
Reitboden Stuckenberg RS GmbH
Gehnhookstraße 13
49565 Bramsche

Prof. Dr.-Ing. Harald Hansmann, Kay Dietze M.Eng.
Institut für Polymertechnologien e. V.
Altern Holzhafen 19
23966 Wismar

Wismar, März 2020

Projektkennblatt
der
Deutschen Bundesstiftung Umwelt

Az **AZ 34106/01**Referat **23**

Fördersumme

122.604,00 €

Antragstitel **Weiterentwicklung eines Verfahrens zur Aufbereitung umweltbelasteter verbrauchter Reitböden für neuartige biologisch verträgliche Reitschichten**

Stichworte Verfahren, Reitböden,

Laufzeit	Projektbeginn	Projektende	Projektphase(n)
18 Monate	08.06.2018	07.12.2019	1

Zwischenberichte

Bewilligungsempfänger Institut für Polymertechnologien e. V.
Alter Holzhafen 19
23966 Wismar

Tel 03841 758-2394

Fax 03841 758-2399

Projektleitung

Prof. Dr. Harald Hansmann

Bearbeiter

Kay Dietze, M.Eng.

Kooperationspartner Reitboden Stuckenberg RS GmbH, Bramsche

Zielsetzung und Anlaß des Vorhabens

Das Forschungs- und Entwicklungsvorhaben gliedert sich in zwei Teilprojekte.

In Teilprojekt I ist das Teilziel, die Konzeption einer industriellen Anlage zur Aufbereitung von verbrauchten Reitschichten zu ermöglichen. Mit einer solchen Anlage wird die Herausforderung angenommen, für den Aufbau neuer Reitböden wertvolle Quarzsandanteile in hoher Reinheit und Ausbeute aus verbrauchten Reitschichten zurückzugewinnen. Dies ist nach heutigem Stand der Technik nicht möglich, sodass derzeit komplette Reitschichten mit petrobasierten Textilien als Abfall zu behandeln sind.

2. Teilziel ist die Entwicklung neuartiger Reitschichten auf Basis biobasierter Verstärkungstextilien. Das Vorhaben zielt folgerichtig auf die Entwicklung von umweltschonenden Reitschichten, in denen die Bioverträglichkeit durch den Einsatz bioverträglicher (kompostierbarer) Textilien erzielt werden muss. Der Einsatz bioverträglicher Verstärkungstextilien in Reitschichten ist bislang Neuland.

Bei erfolgreichem Projektverlauf könnten in naher Zukunft neu errichtete Reitplätze mit einer bioverträglichen Reitschicht ausgestattet werden, die keine Umweltbelastung mehr darstellt und mithin keine Sonderbehandlung in der Entsorgung benötigt.

Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden

Der Arbeitsplan für das Teilprojekt I umfasst u. a.:

- Probennahme und Recherche polymere Textiltypen in Reitböden
- Redesign der Reitboden-Trennanlage mit Ziel Durchsatzverbesserung des hydropneumatisch Desagglomerators („Trennsäule“) und der Durchsatz-Anpassung der wesentlichen Aggregate auf Leistungserfordernis des Desagglomerators
- Skalierung der Aufbereitungsanlage für verbrauchte Reitschichten auf Industriemaßstab

Der Arbeitsplan für das Teilprojekt II umfasst u. a.:

- Recherche verfügbarer biobasierter (kompostierbarer) Textilien
- Auswahl technisch potentiell geeigneter Textilien durch Labor- und Feldtests
- Wirtschaftliche Bewertung der technischen Ergebnisse

Ergebnisse und Diskussion

Die wesentlichen Ergebnisse beider Teilprojekte umfassen zum einen die Skalierung der Aufbereitungsanlage auf einen industriellen Maßstab mit einer entsprechenden Durchsatzleistung und niedriger Aufbereitungszeit; zum anderen die Entwicklung neuartiger Reitschichten auf Basis neuer und innovativer biobasierter Materialien, als auch deren Validierung entsprechend ihrer Beanspruchungskollektive während des Einsatzes.

Die im Vorfeld definierten Ziele des Förderprojektes konnten erreicht und umgesetzt werden. Der im ursprünglichen Lösungsansatz vorgesehene Einsatz eines weiteren, vergrößerten Desagglomerators zeigte jedoch einen noch immer für eine industrielle Umsetzung unzureichenden Durchsatz. Bei Recherchen nach alternativen Technologien zeigte das Konzept des Einsatzes von Rundsiebmaschinen als Alternative zur Kombination von Desagglomeratoren und nachfolgenden Schwingsieben erfolgversprechendes Potential. Dieses Konzept wurde im Labormaßstab experimentell umgesetzt. Untersuchungen an dieser Laboranlage zeigten, dass eine Durchsatzleistung von ca. 1.500 kg/h (materialabhängig) in einer industriellen Aufbereitungsanlage erreicht werden konnte. Diese Untersuchungen wurden mit einer Reihe verschieden zusammengesetzter verbrauchter Reitböden durchgeführt. Die hiermit erzielten Ausbeuten lagen bei bis zu 91,51 %, wobei eine hohe Trennschärfe (Reinheitsgrad von 95,22 %) erzielt werden konnte. Durch die Verwendung einer Rundsiebmaschine konnte somit die Ausbeute um ca. 11 % und die Durchsatzleistung um das 15-fache gegenüber dem experimentellen Ergebnis in der Umsetzung des Desagglomerator-Konzeptes, ohne signifikante Einbußen der Trennschärfe gesteigert werden.

Im zweiten Teil des Vorhabens wurden biobasierte und kompostierbare Vliese als Alternative zu herkömmlichen Vliesen untersucht. Es zeigte sich, dass die untersuchten Vliese geringere Höchstzugkräfte aufweisen, jedoch eine weitaus höhere Höchstzugkraftdehnung. Des Weiteren konnten anhand von Proctortests keinerlei signifikante Unterschiede hinsichtlich der Verdichtbarkeit festgestellt werden. Diese biobasierten Textilien wurden vergleichend mit herkömmlich eingesetzten petrobasierten Textilien einer künstlichen Bewitterung ausgesetzt, um eine Voraussage des Langzeitverhaltens zu ermöglichen. Die Ergebnisse dieser künstlichen Bewitterung zeigten im Vergleich der petrobasierten mit biobasierten Textilien keine signifikanten Unterschiede in der Einbuße mechanischer Eigenschaften infolge der künstlichen Alterung. Somit zeigen die Ergebnisse des Vorhabens, dass es aus technischer Sicht bisher heute möglich ist, petrobasierte durch biobasierte Textilien im Reitbodenbau zu ersetzen.

Die ökologische Bilanzierung konnte allerdings unter hinreichend vollständiger Betrachtung aller Einflussgrößen keine signifikanten Vorteile der bioabbaubaren Vliese gegenüber konventionellen Vliesen (PP) zeigen.

Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation

Das Projekt wurde im Rahmen des Webauftritts des Instituts für Polymertechnologien e. V. (www.ipt-wismar.de) veröffentlicht. Projektleitung und Kooperationspartner haben Anfang 2020 ein Interview sowie eine weitere Zuarbeit für eine Veröffentlichung im Jahresbericht 2019 der DBU gegeben. Durch den Projektpartner selbst wurden alle relevanten Daten innerhalb der Branche verteilt. Auch über das Projektende hinaus werden die Ergebnisse des Vorhabens verbreitet.

Fazit

1. Die Aufbereitung verbrauchter Reitböden ist im industriellen Maßstab möglich. Das hierzu geeignete Anlagenkonzept wurde praktisch und theoretisch in Bezug auf Massenströme, Durchsatz, Trennschärfe und Ausbeute dargestellt. Auf dieser Basis ist die betriebswirtschaftliche Prüfung der Umsetzbarkeit gegeben. Diese Ergebnisse wurden dem Industriepartner übermittelt.
2. Weiterhin konnten Textilmaterialien gefunden werden, welche die Möglichkeit bieten, konventionelle Vliese aus petrobasierten Kunststoffen vollständig durch biobasierte Textilien zu ersetzen. Die ökologische Bilanzierung konnte allerdings unter hinreichend vollständiger Betrachtung aller Einflussgrößen keine signifikanten Vorteile der bioabbaubaren Vliese gegenüber konventionellen Vliesen (PP) zeigen.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Abbildungsverzeichnis	II
Tabellenverzeichnis	II
Zusammenfassung.....	3
1. Einleitung.....	5
1.1. Ausgangssituation	5
1.2. Zielsetzung und Aufgabenstellung	6
2. Teilprojekt 1 – Weiterentwicklung der vorhandenen Anlage	7
2.1. Redesign der Trennanlage.....	7
2.1.1. Durchsatzoptimierung des Desagglomerators.....	7
2.1.2. Durchsatzanpassung der Vorzerkleinerung.....	9
2.2. Experimentelle Untersuchung unter Anpassung der Prozessparameter	10
2.2.1. Ergebnisse und Auswertung – redesignter Desagglomerator.....	10
2.2.2. Ergebnisse und Auswertung – parallel geschaltete Desagglomeratoren.....	11
2.2.3. Ergebnisse und Auswertung Rundsiebmaschine.....	13
2.3. Bilanzierung der Energiekosten der aktuellen Anlage (Rundsiebmaschine).....	15
2.4. Skalierung der Anlage und ihrer Komponenten auf Industriemaßstab	16
3. Teilprojekt 2 – neuartige Reitschichten auf Basis biobasierter Verstärkungstextilien	19
3.1. Recherche und Beschaffung.....	19
3.2. Experimentelle Untersuchung des Eigenschaftsprofils der Textilien.....	20
3.2.1. Künstliches Bestrahlen und Bewittern in Anlehnung an DIN EN ISO 4892-3	20
3.2.2. Mikroskopie.....	21
3.2.3. Zugversuche nach ISO 9073-3 & in Anlehnung an ISO 13934-1	22
3.2.4. Verdichtungsfähigkeit (Proctorversuch in Anlehnung an DIN 18127)	26
3.3. Praxisprüfung	28
3.4. Bilanzierung	29
3.4.1. ökologische Bilanzierung	29
3.4.2. wirtschaftliche Bilanzierung	31
4. Schlussbetrachtung und Fazit.....	33
Literaturverzeichnis	34
Anhang	35
Anhang 1.....	36

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Anlage (Stand: Projekt Az. 32398/01).....	6
Abbildung 2 Aufbau skaliertes (75 %) Desagglomerator.....	8
Abbildung 3 Russell Finex N.V. Finex Separator 40“ [4].....	9
Abbildung 4 Weima Einwellenzerkleinerer WLK 1000 / 37kW	10
Abbildung 5 schematischer Aufbau – redesignter Desagglomerator	11
Abbildung 6 schematischer Aufbau - parallel geschaltete Desagglomeratoren.....	12
Abbildung 7 Einsatz beider Desagglomeratoren.....	13
Abbildung 8 schematischer Aufbau - Rundsiebmaschine	13
Abbildung 9 Einsatz einer Rundsiebmaschine.....	15
Abbildung 10 künstliche Bestrahlung und Bewitterung in Anlehnung an DIN EN ISO 4892-3	21
Abbildung 11 Mikroskopie - Nordsand, links: Neuware, rechts: bewittert.....	21
Abbildung 12 Mikroskopie -Masgard, links: Neuware, rechts: bewittert	22
Abbildung 13 Mikroskopie -RootBarrier, links: Neuware, rechts: bewittert	22
Abbildung 14 Zugversuch nach ISO 9073-3.....	23
Abbildung 15 Zugversuche nach ISO 9073-3: Vlies - Nordsand	23
Abbildung 16 Zugversuche nach ISO 9073-3: Vlies - Masgard	24
Abbildung 17 Zugversuche nach ISO 9073-3: Vlies - RootBarrier	24
Abbildung 18 Höchstzugkraft (N) nach ISO 9073 -3	25
Abbildung 19 Höchstzugkraftdehnung (%) nach ISO 9073 -3	25
Abbildung 20 Höchstzugkraftdehnung (mm) nach ISO 9073 -3	26
Abbildung 21 Proctorversuch: Aufbau nach DIN 18127: 2012-09	27
Abbildung 22 Proctorversuch in Anlehnung an ISO 18127: 2012-09.....	28
Abbildung 23 Ergebnisse – Verdichtungsgrad.....	28
Abbildung 24 Versauerungspotential AP	30
Abbildung 25 Eutrophierungspotential EP	30
Abbildung 26 Globales Erwärmungspotenzial GWP	30
Abbildung 27 Abbaupotenzial der stratosphärischen Ozonschicht ODP	30
Abbildung 28 Bildungspotenzial für troposphärisches Ozon POCP	31

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Dimensionen Desagglomerator – Vergleich Ausgangslage & Redesign	7
Tabelle 2 Dimensionen Rundsiebmaschine.....	8
Tabelle 3 Dimensionierung Vorzerkleinerung – Vergleich Ausgangszustand & Änderung.....	9
Tabelle 4 Ergebnisse - redesignter Desagglomerator	11
Tabelle 5 Ergebnisse – parallel geschaltete Desagglomeratoren.....	12
Tabelle 6 Ergebnisse - Rundsiebmaschine	14
Tabelle 7 Bilanzierung – Energiekosten aktuelle Anlage.....	15
Tabelle 8 Bilanzierung – Gesamtenergiekosten aller Komponenten (Industriemaßstab)	16
Tabelle 9 Geotextilien.....	19
Tabelle 10 wirtschaftliche Bilanzierung.....	32

Zusammenfassung

Der vorliegende Bericht zeigt die Arbeiten sowie die Überführung der Ergebnisse aus dem vorangegangenen Vorhaben „Entwicklung eines Verfahrens zur Abtrennung von Quarzsand und textilen Bestandteilen aus humosen, verbrauchten Reitböden“ (Az. 32398/01), auf den Aufbau einer industriell einsetzbaren Anlage zur Aufbereitung verbrauchter Reitplätze.

Das erste Ziel des Vorhabens bestand darin, eine Erhöhung des Durchsatzes und somit ebenfalls die Reduzierung der notwendigen Reinigungszeit zur Aufbereitung eines kompletten Reitplatzes mit ca. 110 t Material, zu realisieren. Hierzu wurde die Technologie, welche bereits im vorangegangenen Vorhaben gebildet wurde, weiterentwickelt. Es zeigte sich ein unzureichend realisierbarer Durchsatz, um diesen auf Industriemaßstab zu skalieren. Demzufolge ist bereits früh im Vorhaben eine anderweitige Technologie zum Einsatz gekommen, um die erforderlichen Anforderungen zu erfüllen; hierbei zeigte sich eine mögliche Durchsatzerhöhung weit über den im vorangegangenen Vorhaben avisierten Durchsatz von 100 kg/h. Die Skalierung auf industriellen Maßstab wurde entsprechend dem neuen Anlagenverfahren angepasst und validiert. So konnte die Anlage mit der Gesamtheit an benötigten Aggregaten (z. B. Prozesswasserpumpe, Zerkleinerer, Stromaggregat, etc.) auf einem der Industrie entsprechenden Maßstab gebracht werden. Je nach Anlagenkonfiguration kann so ein theoretischer Durchsatz von 1.500 kg/h bis hin zu 7.000 kg/h erreicht werden.

Ein weiteres Ziel bestand in der Schaffung neuer Reitschichten auf Grundlage neuer, innovativer Materialien. Dabei bestand besonderes Augenmerk darin, biologisch verträgliche Materialien, in Hinblick auf die Reduzierung von Abfällen, zu verwenden. Nach Recherchen zu verfügbaren Vliesen, welche einem entsprechenden Anforderungsprofil gerecht werden, konnten neben dem konventionellen Vlies (Polypropylen), zwei kompostierbare Vliestypen (PLA und PLA mit Hanf) untersucht werden. Zu Beginn wurden entsprechend der ISO 9073-3 (Prüfverfahren für Vliesstoffe; Teil 3: Bestimmung der Höchstzugkraft und der Höchstzugkraftdehnung) und in Anlehnung an die ISO 13934-1 (Zugeigenschaften von Textilien Flächengebilden) den Vliesen Proben entnommen. Diese wurden im Anschluss gemäß der DIN EN ISO 4892-3 (Künstliches Bestrahlen oder Bewittern in Geräten - Teil 3: UV-Leuchtstofflampen) künstlich bestrahlt und bewittert. Dieses Vorgehen wurde gewählt, um eine Alterung der sich im Einsatz befindlichen Vliese zu simulieren. Im Anschluss wurden diese Proben vergleichend zu den Vliesen im Neuware-Zustand und dem konventionellen Vlies in Zugversuchen auf ihre mechanischen Eigenschaften hin untersucht. Mikroskopisch zeigten die Vliese aus biologisch verträglichen Materialien im Anschluss an die künstliche Bewitterung keinerlei Degradationserscheinungen. Bei Thermoplasten kommt es mitunter sehr häufig zu einer Vergilbung bzw. Verfärbung der Oberfläche, besonders stark hervorgerufen durch die hohe Empfindlichkeit in den UV-Bereichen UV-A (400 – 320 nm) und UV-B (320 – 380 nm). Weitere Belastungen treten durch Feuchtigkeit, Temperaturen zwischen -30°C bis +50°C sowie der Abbauempfindlichkeit in Abhängigkeit der Wellenlänge auf. Alterungserscheinungen, wie sie sich optisch durch Oberflächenrisse oder typischen Verkleidungen darstellen, konnten ebenfalls nicht beobachtet werden. Im Anschluss wurden alle Proben aus der künstlichen Alterung, als auch die Neuware Zugversuchen unterzogen. Hier zeigten sich, hervorgerufen durch die künstliche Bestrahlung und Bewitterung, kaum Degradationserscheinungen in den mechanischen Eigenschaften. Die einzigen Unterschiede bestanden in den unterschiedlichen Eigenschaften der Materialien selbst. So zeigten die kompostierbaren Vliese weitaus geringere Höchstzugkräfte, dafür jedoch sehr viel höhere Höchstzugkraftdehnungen, als das konventionelle Vlies.

Im weiteren Zuge des Vorhabens, wurde die Verdichtungsfähigkeiten (Proctorversuch in Anlehnung an DIN 18127) der unterschiedlichen Materialien miteinander verglichen. Das Resultat der Untersuchung ergibt keinerlei signifikanten Unterschiede hinsichtlich des Verdichtungsgrades bei optimaler Bodenfeuchtigkeit. Das Verdichtungsvermögen zwischen Neuware und gealterten Ware zeigte ebenfalls keine signifikanten Unterschiede; weder zwischen den Alterungs-Zuständen, noch zwischen den unterschiedlichen Materialtypen.

Schließlich wurde eine ökologische Bilanzierung auf Basis verfügbarer Daten der Vliese vorgenommen. Dabei wurden ausschließlich die für eine Ökobilanz relevanten Wirkungskategorien, Versauerungspotential, Eutrophierungspotential, Erwärmungspotenzial, Abbaupotenzial der stratosphärischen Ozonschicht und das Bildungspotenzial für troposphärisches Ozon vergleichend herangezogen. Die Datensätze repräsentieren die Umweltwirkungen über den gesamten Lebensweg der Produkte. Die Werte wurden hierbei den Datenbanken ÖKOBAUDAT [1], [2] des Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) und Literaturwerten entnommen [3]. Eine geringere Umweltwirkung kann jedoch nicht grundsätzlich bewiesen werden. Gesicherte Aussagen können jedoch erst unter Berücksichtigung weiterer Umweltwirkungen und unter Verwendung von zu 100 % gleichwertigen Datensätzen getroffen werden.

Die wirtschaftliche Bilanzierung zum Aufbau der Anlage wurde als letzter Schritt des Vorhabens vorgenommen. Es zeigt sich, dass generell eine theoretische Reduzierung der Reinigungszeit und eine Erhöhung des Durchsatzes generell möglich ist, diese jedoch mit erhöhten Investitionssummen verbunden sind.

1. Einleitung

Im Reitplatzbau besteht die Tretschicht, die oberste Schicht des Bodens einer Reithalle oder eines Reitplatzes, häufig aus einer Quarzsand-Vlies-Mischung, um bestimmte Eigenschaften (z. B. Elastizität, Scherfestigkeit, Wasserdurchlässigkeit) zu erhalten oder zu verbessern. In der vergangenen Praxis haben sich dabei biologisch abbaubare Stoffe im Hinblick auf ihre Langzeitstabilität als unzureichend erwiesen. Viele Hersteller sind daher dazu übergegangen, Kunstfasern in Form sogenannter Vlieshäcksel aus nicht biodegradierbaren Kunststoffen zu verwenden. Pro Quadratmeter Tretschicht werden dabei im Schnitt 3 kg Vlies und 150 kg Sand verwendet. Für Europa geht erfolgt in einem Zeitraum von einem Jahr, ein Verbrauch von textilen Zuschlagstoffen (Vlieshäcksel und Fasern) in einer Größenordnung von insgesamt 60.000 Tonnen (bei 25.000 bis 30.000 Reitplätzen). Genauere Zahlen liegen nicht vor, da ein Kataster von Reitplätzen in Deutschland derzeit noch nicht geführt wird.

Der Reitboden ist mechanischen Belastungen durch Menschen, Maschinen und vor allem Pferden ausgesetzt; darüber hinaus werden sowohl witterungsbedingt (UV-Strahlung, Feuchtigkeit, Temperatur) als auch durch biologische Fremdstoffe, wie Blätter, Zweige, Pferdeäpfel (trotz regelmäßigem Abäppeln des Platzes) Reitplätze verunreinigt. Dies führt dazu, dass sich die speziellen Eigenschaften der Tretschicht stetig verschlechtern, bis eine Regeneration nicht mehr möglich ist; die maximale Nutzungsdauer ist erreicht. Der verbrauchte Reitboden, bestehend aus textilen Anteilen, humösen Anteilen und Quarzsand. Die Gesamtmenge verbrauchter Reitböden muss bisher als Müll behandelt werden. Ziele der Aufbereitung sind zum einen die möglichst vollständige Rückgewinnung des Quarzsandes und zum anderen die vollständige Abtrennung der Textilfaseranteile aus dem verbrauchten Reitboden, so dass humöse Anteile mit Resten von Quarzsand für die Ausbringung auf Landwirtschaftsflächen isoliert werden können. Diese Ziele konnten im vorangegangenen Vorhaben erzielt werden. Ziel des vorliegenden Vorhabens war nun die technologische Darstellung einer Verfahrenstechnik zur industriellen Aufbereitung verbrauchter Reitböden sowie deren wirtschaftliche Betrachtung.

Aus dem oben beschriebenen Sachverhalt ergibt sich zwangsläufig die Forderung, Reitschichten zukünftig umweltverträglicher zu gestalten. Ein Ansatz hierzu besteht darin, die Textilverstärkung aus kompostierbaren Materialien darzustellen. Die Behandlung solcher Textilien aus verbrauchten Reitböden erfordert keine Entsorgung im herkömmlichen Sinne, sondern lediglich eine industrielle Kompostierung. Idealerweise sollten diese Textilien nicht auf petrochemisch hergestellten Fasermaterialien beruhen, um einen negativen Effekt auf die CO₂ – Bilanz insgesamt zu verringern. (vorbeugender Umweltschutz). Zum anderen stellt sich die Frage, wie zukünftig die bereits heute vorliegende und in den nächsten Jahren weiterwachsende Menge an Abfall aus ausgedienten Reitschichten reduziert werden kann, auch wenn diese Textilien zukünftig aus bioverträglichen Materialien hergestellt werden (nachsorgender Umweltschutz). Das vorliegende Vorhaben dient dazu, technische und wirtschaftlich vertretbare Wege zur Lösung beider Fragestellungen aufzuzeigen.

1.1. Ausgangssituation

Im Rahmen des von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt geförderten Vorhabens „Entwicklung eines Verfahrens zur Abtrennung von Quarzsand und textilen Bestandteilen aus humösen, verbrauchten Reitböden“ (Az. 32398/01), entstand eine erste Laboranlage durch die ca. 80 % Quarzsand, mit einer Trennschärfe von ca. 98 %, zurückgewonnen und Textilfaseranteile getrennt werden konnten. Dabei erfolgte die Reinigung innerhalb eines Wasserkreislaufes und ohne

chemische Hilfsmittel. In der Abbildung 1 ist der Stand der Laboranlage (Dimensionierung: siehe Kapitel 2.1) dargestellt: Bevor eine Beschickung in die eigentliche verfahrenstechnische Reinigung erfolgen kann, muss vorab eine Zerkleinerung des verbrauchten Reitbodens vorgeschaltet werden. Die Reinigung des Reitbodens erfolgte anschließend über einen Desagglomerator, der über eine Querförderschnecke in einen Wasserstrom eingebracht, beschickt wurde. Im Anschluss der Desagglomeration erfolgte eine Fraktionierung mittels Siebturm und angeschlossenen Auffangbehältern. Bereits in diesem Anlagenkonzept ist eine Führung des Betriebswassers im Kreislauf vorgesehen. Jedoch gab es bei genanntem Zustand der Anlage keine hinreichende technologische Grundlage, um eine theoretische Skalierung der Anlage auf industriellen Maßstab vorzunehmen.



Abbildung 1 Anlage (Stand: Projekt Az. 32398/01)

1.2. Zielsetzung und Aufgabenstellung

Im Rahmen des Vorhabens soll ein Verfahren zur Aufbereitung verbrauchter Reitböden soweit weiterentwickelt werden, dass sich hierfür eine Kalkulationsbasis für eine mobile Aufbereitungsanlage für verbrauchte Reitschichten ableiten lässt. Basis dieses Teilprojektes ist das Ergebnis des durch die DBU geförderten Vorhabens 32398/01 (07.2014), in dem die technische Machbarkeit bereits im Labormaßstab in Phase 1 dargestellt werden konnte. Im Labormaßstab konnte eine Wiederverwertungsquote des hochwertigen Quarzsandes von ca. 80 % bei einer hohen Trennschärfe (Abtrennung textiler und humoser Bestandteile zu ca. 98 %) dargestellt werden. Im Ergebnis dieses Vorhabens haben sich wesentliche Fragestellungen zum Energie- und Wasserbedarf sowie zur Anlagengröße ergeben, deren Klärung die für die endgültige Konzeption einer Industrieanlage erforderlich ist; dieser Sachverhalt wurde als Teilprojekt nachgeholt.

Der Entwicklung biologisch verträglicher Reitschichten kommt in weiterer Zukunft eine Schlüsselrolle zu, da mit der Entwicklung und dem Einbau solcher Reitschichten in der Zukunft der bereits bestehende und sich weiter (dann hoffentlich degressiv) aufbauende Abfallberg aus verbrauchten Reitböden mit petrochemischen Textilanteilen deutlich reduziert bzw. zukünftig komplett vermieden werden kann.

Hierzu sollen im Rahmen des vorliegenden Vorhabens für den Reitbodenbau geeignete Textilien evaluiert werden, die aufgrund gegebener Kompostierbarkeit keine Sonderbehandlung in der Entsorgung erfordern und damit langfristig eine umweltverträgliche Alternative zu derzeit üblichen Reitschichten mit petrochemisch basierten Textilien darstellen.

2. Teilprojekt 1 – Weiterentwicklung der vorhandenen Anlage

Der erste Teil des Vorhabens sah vor, die vorhandene Trennanlage um einen weiteren Desagglomerator zu erweitern, wobei dieser bereits auf einen höheren Durchsatz ausgelegt wurde. Im Anschluss daran wurden die Ergebnisse gegenüber dem Einsatz einer Trennkolonne ausgewertet. Mit optimierter Vorzerkleinerung des Materials konnte eine Durchsatzserhöhung erzielt werden, die erforderliche Anzahl an baugleichen Desagglomeratoren blieb dennoch sehr hoch, was zu einem großen Kostenfaktor beim Bau der mobilen Anlage führt. Parallel durchgeführte Recherchen und experimentelle Untersuchungen haben gezeigt, dass bei Einsatz einer Rundsiebmaschine ggfls. auf die Desagglomeration komplett verzichtet werden könnte. Dies sollte durch die Untersuchung einer solchen Anlagenkonfiguration im Hinblick auf Durchsatz, Ausbeute und Reinheitsgrad bestätigt werden.

2.1. Redesign der Trennanlage

2.1.1. Durchsatzoptimierung des Desagglomerators

Der im Rahmen des ersten, durch die DBU geförderten Vorhabens 32398/01, realisierte Desagglomerator wurde herangezogen, um auf Basis dessen einen weiteren Desagglomerator zu konzipieren. Hierbei wurden, resultierend aus den Erfahrungen des vorangegangenen Projektes, eine Reihe von Dimensionen hochskaliert, um das Durchsatzvermögen zu vergrößern. In der nachfolgenden Tabelle sind die skalierten Dimensionen dargestellt:

Tabelle 1 Dimensionen Desagglomerator – Vergleich Ausgangslage & Redesign

Baugruppe	Einh.	Dimensionen Desagglomerator		
		Grundlage	Redesign	Skalierung
Durchmesser Steigrohr	[mm]	110	133	21 %
Gesamthöhe Steigrohr		1000	1200	20 %
Durchmesser Auslass		32	74	131 %
Höhe Auslass		650	800	23 %

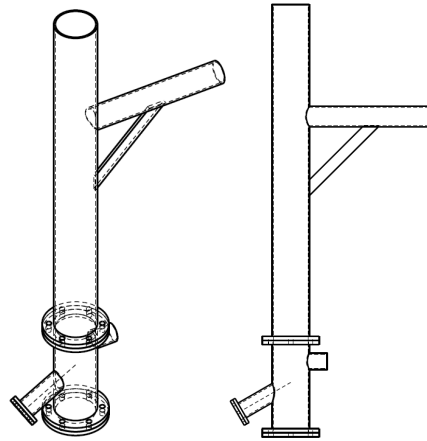


Abbildung 2 Aufbau skalierter (75 %) Desagglomerator

Zum Ende des ersten, aufbauenden Vorhabens (Az. 32398/01) konnte bereits festgestellt werden, dass der Desagglomerator das Nadelöhr bei der Schaffung eines hohen Durchsatzes darstellt. Im Rahmen dieses Vorhabens soll sich zeigen, ob mit der Erweiterung eines hochskalierten Desagglomerators, ein entsprechend höherer Durchsatz erzielt werden kann. Hierzu parallel durchgeführte Recherchen haben die Möglichkeit aufgezeigt, besagtes Aggregat auszutauschen. Als Alternative zeigte sich dahingehend der Einsatz einer Rundsiebmaschine der Firma Russell Finex N.V. (Abbildung 3).

Tabelle 2 Dimensionen Rundsiebmaschine

Baugruppe / Spezifikation	Einh.	Finex Seperator
Anzahl Siebe	-	3
Siebeinsätze	µm	2000
		500
		200
		< 200
Größe	Inch	40
elektr. Arbeit	kWh	6



Abbildung 3 Russell Finex N.V. Finex Seperator 40" [4]

2.1.2. Durchsatzanpassung der Vorzerkleinerung

Um für eine ausreichende Beschickung der Anlage mit Material zu sorgen, muss die verwendete Vorzerkleinerung (Nissui SA Granulator 2) auf das gesteigerte Durchsatzvermögen der Anlage angepasst werden. In diesem Fall wurde der Einwellenzerkleinerer WLK 1000 verwendet. Dieser ist speziell für Kunststoffe und lose Schüttgüter ausgelegt und ermöglicht eine spätere Beschickung mit Hilfe von Förderbändern oder direkt mit Erdbewegungsmaschinen.

Tabelle 3 Dimensionierung Vorzerkleinerung – Vergleich Ausgangszustand & Änderung

Parameter	Einh.	Vorzerkleinerer	
		Nissui SA Granulator 2	Weima Einwellenzerkleinerer WLK 1000
Antriebsleistung	kW	0,75	37
Rotordrehzahl	U/min	29	100
Sieblochung	Mm	12 - 15	15 - 20



Abbildung 4 Weima Einwellenzerkleinerer WLK 1000 / 37kW

2.2. Experimentelle Untersuchung unter Anpassung der Prozessparameter

2.2.1. Ergebnisse und Auswertung – redesignter Desagglomerator

Wie bereits in Tabelle 1 dargestellt, wurden auf Basis des ersten Desagglomerators, die Dimensionen hochskaliert. Alle Baugruppen des Aggregates wurden um ca. ein Fünftel vergrößert; der Durchmesser des Auslasses jedoch mehr als verdoppelt, um so den desagglomerierten Reitsand schneller herauszuführen.

Im ersten Schritt der Untersuchungen wurde die Anlage mit den im Kreislauf fahrenden Prozesswasser, mit einem Volumenstrom von $4,5 \text{ m}^3/\text{h}$, einem Volumenstrom der Druckluft von ca. $16,5 \text{ Nm}^3/\text{h}^1$ und dem vorab zerkleinerten Material (siehe Kapitel 2.1.2) beschickt. Die Lufterzeugung wurde mit Hilfe eines Druckluftkompressors realisiert. Die benötigte Druckluft war äußerst gering, sodass die Messung des entsprechenden Energiebedarfes nicht messbar war. Vom Auslass des hydropneumatischen Desagglomerators ausgehend, fand eine Fraktionierung durch Einsatz des im ersten Vorhaben entwickelten Rüttelsturms (Siebturm) statt und wurde in entsprechende Auffangbehälter gesammelt (Abbildung 5).

¹ Normkubikmeter pro Stunde

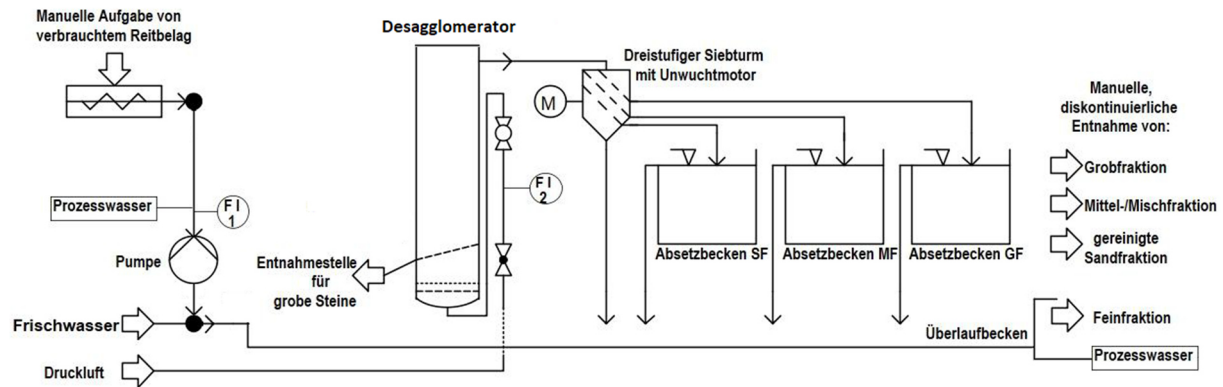


Abbildung 5 schematischer Aufbau – redesigneder Desagglomerator

Die Ergebnisse der Untersuchung sind in Tabelle 4 dargestellt. Mit dem redesigneden Desagglomeratoren wurde eine Ausbeute der Zielfraktion abzüglich der Verunreinigungen von 74,82 % erreicht. Der Reinheitsgrad der Zielfraktion von ca. 98,5 % wurde gravimetrisch durch Veraschen kleiner Probenmengen der getrockneten Zielfraktion ermittelt. Im unteren Teil der Tabelle 4 sind die Anlagenparameter dargestellt. Diese wurden entsprechend eines maximal erreichbaren Durchsatzes von ca. 52,3 kg/h, bei maximaler Ausbeute und Reinheit bestimmt bzw. eingestellt.

Tabelle 4 Ergebnisse - redesigneder Desagglomerator

	Einh.	Fraktionen in μm			
		> 2000	> 500	> 200	≤ 200
Anteil	%	3,61	20,39	6,70	69,30
Ausbeute Zielfraktion (zzgl. Verunreinigung)	%	-		76,00	
Ausbeute Zielfraktion (abzgl. Verunreinigung)	%	-		74,82	
Reinheitsgrad	%	-		98,45	
max. Durchsatz	kg/h	52,26			
elekt. Arbeit (gemessen)	kWh	0,73			
Leistung (gemessen)	kW	2,92			
Volumenstrom Betriebswasser (Kreislauf)	m ³ /h	4,50			
Volumenstrom Druckluft	Nm ³ /h	16,52			

2.2.2. Ergebnisse und Auswertung – parallel geschaltete Desagglomeratoren

In Abbildung 6 ist der schematische Aufbau des Versuches dargestellt. Zielsetzung des Vorhabens ist es durch einen weiteren, parallel eingesetzten Desagglomeratoren, eine nahezu Vervielfachung des Durchsatzes zu realisieren. Bezüglich der Versuchsdurchführung wurden

alle Aggregate wie Prozesswasserpumpe, Siebturm und Zerkleinerer beibehalten; lediglich die Volumenströme wurden entsprechend der erweiterten Dimensionen erhöht.

Die Anlagenkonfiguration ist in Abbildung 6 dargestellt. Wie bereits erwähnt, wurde ein weiterer Desagglomerator angebunden, während die restlichen Aggregate und Parameter, mit Ausnahme der angepassten Volumenströme beibehalten wurden; diese mussten auf jeweils ca. 6,9 m³/h und 36,3 Nm³/h erhöht werden.

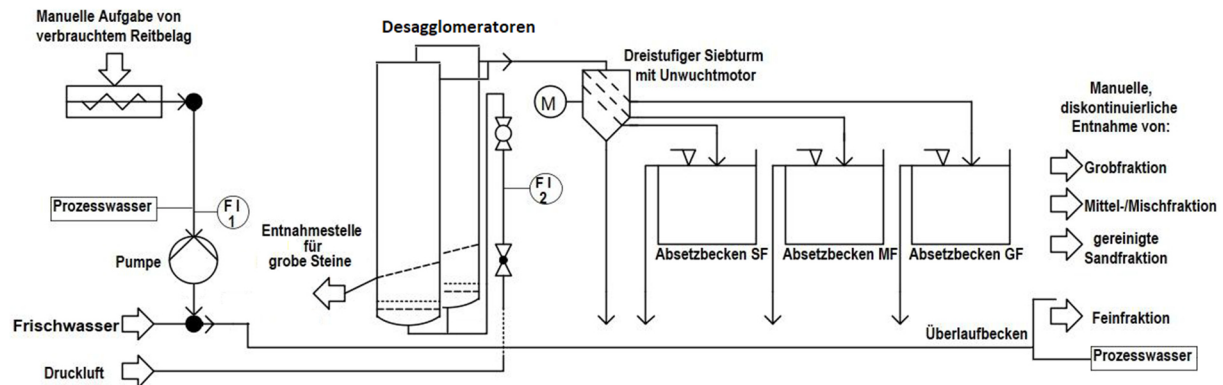


Abbildung 6 schematischer Aufbau - parallel geschaltete Desagglomeratoren

Die Ergebnisse der Untersuchung sind in Tabelle 5 dargestellt. Durch den Einsatz beider parallel geschalteten Desagglomeratoren konnte eine um ca. 62,3 %ige Durchsatzsteigerung auf eine Ausbeute abzüglich Verunreinigungen von 79,93 % erzielt werden. Der Reinheitsgrad der Zielfractionen wurde erneut gravimetrisch durch Veraschen von getrockneten Proben ermittelt und lag bei ca. 98,4 %. Bei Realisierung des maximal erreichbaren Durchsatzes von ca. 84,8 kg/h, musste ein Volumenstrom des Prozesswassers und der Druckluft auf ca. 6,9 m³/h bzw. ca. 36,3 Nm³/h erhöht werden.

Tabelle 5 Ergebnisse – parallel geschaltete Desagglomeratoren

	Einh.	Fraktionen in µm			
		> 2000	> 500	> 200	≤ 200
Anteil	%	2,53	16,27	4,96	76,24
Ausbeute Zielfraktion (zzgl. Verunreinigung)	%	-		81,20	
Ausbeute Zielfraktion (abzgl. Verunreinigung)	%	-		79,93	
Reinheitsgrad	%	-		98,43	
max. Durchsatz	kg/h	84,81			

elektr. Arbeit (gemessen)	kWh	0,98
Leistung (gemessen)	kW	3,92
Volumenstrom Betriebswasser (Kreislauf)	m ³ /h	6,91
Volumenstrom Druckluft	Nm ³ /h	36,34



Abbildung 7 Einsatz beider Desagglomeratoren

2.2.3. Ergebnisse und Auswertung Rundsiebmaschine

Wie den Ergebnissen aus den Kapiteln 2.2.1 und 2.2.2 erkennbar ist, konnte durch die Vergrößerung der Dimensionen und den Einsatz parallel geschalteter Desagglomeratoren eine Durchsatzsteigerung von ca. 62,3 % erreicht werden. Da das gewünschte Resultat zur Steigerung des Durchsatzes unzureichend erreicht wurde, sind erweiterte Recherchen zu möglichen Aggregaten durchgeführt worden; als Vorzugsvariante erwies sich der Einsatz der Rundsiebmaschine.

Zur Betreibung der Rundsiebmaschine erfolgte ein Umbau bzw. eine Anpassung der vorhandenen Anlage. Hierzu wurden für den Betrieb des Aggregates einzelne Anlagenteile bzw. -baugruppen ausgeschaltet oder entfernt (z. B. Lufterzeugung). Die vollständige Anlagenkonfiguration ist in Abbildung 8 dargestellt.

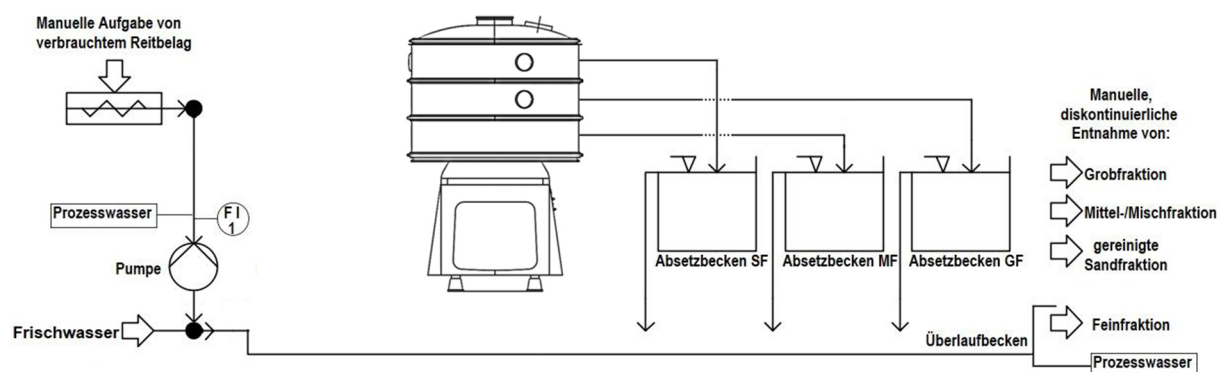


Abbildung 8 schematischer Aufbau - Rundsiebmaschine

Die Anlagenkonfiguration mit dem Einsatz einer Rundsiebmaschine hat die besten Ergebnisse (Tabelle 6) in Hinblick auf Ausbeute der reinen Zielfraktion (abzgl. Verunreinigungen) von 87,14 % und zeitgleich bestem Durchsatz von bis zu 1.500 kg/h erreicht (Materialabhängig). Wie bereits bei den vorab erläuterten Versuchen, erfolgte eine gravimetrische Veraschung des getrockneten Materials, wobei sich ein Reinheitsgrad von ca. 95,22 % ergab. Im Gegensatz zum Einsatz der Desagglomeratoren, musste der Volumenstrom des im Kreislauf gefahrenen Prozesswassers auf bis zu 3,0 m³/h erhöht werden, um den maximalen Durchsatz zu erreichen. Hierzu musste der Anlage eine größere Wasservorlage (Sammelbehälter Prozesswasser) zur Verfügung gestellt werden.

Tabelle 6 Ergebnisse - Rundsiebmaschine

	Einh.	Fraktionen in µm			
		> 2000	> 500	> 200	≤ 200
Anteil	%	2,84	0,52	13,53	83,12
Ausbeute Zielfraktion (zzgl. Verunreinigung)	%	-		91,51	
Ausbeute Zielfraktion (abzgl. Verunreinigung)	%	-		87,14	
Reinheitsgrad	%	-		95,22	
max. Durchsatz	kg/h	bis zu 1.500			
elektr. Arbeit (gemessen)	kWh	0,30			
Leistung (gemessen)	kW	1,20			
Volumenstrom Betriebswasser (Kreislauf)	m ³ /h	bis zu 6,0 m ³ /h			



Abbildung 9 Einsatz einer Rundsiebmaschine

2.3. Bilanzierung der Energiekosten der aktuellen Anlage (Rundsiebmaschine)

In der folgenden Tabelle 7 ist die Bilanzierung der Anlage im Zustand der durchgeführten Versuche nach Kapitel 2.2.3 dargestellt. Errechnet wurden die Energiekosten mit einer 40" Rundsiebmaschine, bei der ein Durchsatz von ca. 1.500 kg/h realisiert werden konnte. Da ein Durchsatz von 3.000 bis 3.500 kg/h erzielt werden muss, wurde in der Bilanzierung eine Durchrechnung mit einer zusätzlichen Rundsiebmaschine erarbeitet. Um den somit gestiegenen Durchsatz zu erreichen benötigt es den Einsatz eines zusätzlichen Zerkleinerers.

Tabelle 7 Bilanzierung – Energiekosten aktuelle Anlage

Konfiguration	A	B	-
Rundsiebmaschine			
Anzahl	1	2	-
Maschinengröße	40	40	Inch
Durchsatz	1.500	3.000	kg/h
Energieverbrauch (40")	6	12	kWh
Zerkleinerer			
Anzahl	1	2	-
Durchsatz	1.500	3.000	kg/h
Energieverbrauch (WLK 1000)	37,0	74,0	kWh
Prozesswasserpumpe			
Anzahl	1	1	-

max. Volumenstrom (Pumpe)	6.000	6000	m ³ /h
benötigter Volumenstrom	3.000	6000	m ³ /h
Energieverbrauch	2	2	kWh
benötigte Zeit für Reinigung eines Reitplatzes (110 t)			
Gesamtmasse	110.000	110.000	kg
Gesamtzeit für Reinigung	73,3	36,7	h
Energieverbrauch für Reitplatzreinigung			
Rundsiebmaschine	440	440	kWh
Zerkleinerer	2.713,3	2.713,3	kWh
Prozesswasserpumpe	146,7	73,3	kWh
Gesamtenergieverbrauch für Gesamtzeit - Reinigung	3.300	3.226,7	kWh
Energiekosten			
Strompreis Industrie (01/2020)	5,03	5,03	ct/kWh
	0,05	0,05	€/kWh
Energiekosten für 110 t	165,99	162,30	€
Energiekosten pro t	1,51	1,48	€/t

2.4. Skalierung der Anlage und ihrer Komponenten auf Industriemaßstab

Nachfolgend wurden die durch die Versuche ermittelten Daten und in Kapitel 2.3 erhobenen Berechnungen herangezogen, um eine Skalierung der Anlage und ihrer Komponenten auf Industriemaßstab vorzunehmen. Ziel ist es die Energiekosten, als auch die notwendige Reinigungszeit eines kompletten Reitplatzes zu reduzieren. Wie bereits im vorangegangenen Kapitel erläutert, zeigte die Verwendung einer Rundsiebmaschine, in Hinblick auf Ausbeute und Durchsatz, die besten Ergebnisse. Ausgehend von der in diesem Vorhaben entwickelten Anlage und unter Verwendung einer Rundsiebmaschine, sind die Energiekosten in der Tabelle 8 dargestellt.

Tabelle 8 Bilanzierung – Gesamtenergiekosten aller Komponenten (Industriemaßstab)

Konfiguration	C	D	-
Rundsiebmaschine			
Anzahl	1	2	-
Maschinengröße	60	60	Inch
Anzahl Siebdecks	4	4	-
Durchsatz	3.500	7.000	kg/h
Energieverbrauch (60“)	9	18	kWh

Zerkleinerer			
Anzahl	1	2	-
Durchsatz	3.500	7.000	kg/h
Energieverbrauch (WLK 1500)	75,0	150,0	kWh
Prozesswasserpumpe			
Anzahl	1	2	-
max. Volumenstrom (Pumpe)	6.000	6.000	m ³ /h
benötigter Volumenstrom	6.000	12.000	m ³ /h
Energieverbrauch	2	4	kWh
benötigte Zeit für Reinigung eines Reitplatzes (110 t)			
Gesamtmasse	110.000	110.000	kg
Gesamtzeit für Reinigung	31,4	15,7	h
Energieverbrauch für Reitplatzreinigung			
Rundsiebmaschine	282,9	282,9	kWh
Zerkleinerer	2.357,1	2.357,1	kWh
Prozesswasserpumpe	62,9	62,9	kWh
Gesamtenergieverbrauch für Gesamtzeit - Reinigung	2.702,9	2.702,9	kWh
Energiekosten			
Strompreis Industrie (01/2020)	5,03	5,03	ct/kWh
	0,05	0,05	€/kWh
Energiekosten für 110 t	135,95	135,95	€
Energiekosten pro t	1,24	1,24	€/t

Bei der Auslegung der Komponenten im Industriemaßstab sind die Berechnungen unter Einsatz von bis zu zwei Rundsiebmaschinen erstellt worden. Hintergrund ist die Steigerung des maximalen Durchsatzes, sodass in kürzester Zeit ein vollständiger Reitplatz mit 110 t Material gereinigt werden kann. Die Skalierung zeigt, dass für eine Rundsiebmaschine in der Größe von 60“ ein größerer Zerkleinerer, mit einem erhöhten Durchsatz von bis zu 3.500 kg/h, benötigt wird. Hintergrund ist der gestiegene Durchsatz durch die Verwendung einer größeren Rundsiebmaschine, sodass der Zerkleinerer entsprechend angepasst werden muss. Die derzeitige Prozesspumpe, mit einer Durchflussrate von 6.000 m³/h, ist für den Einsatz einer Siebmaschine ausreichend dimensioniert. Die Reinigung eines kompletten Reitplatzes hat somit einen Gesamtenergieverbrauch von ca. 2.703 kWh bei einer Reinigungszeit von 31,4 h. Bei einem industriellen Strompreis von 5,03 ct/kWh (abgerufen: Januar 2020) machen die Energiekosten einen Wert von 1,24 €/t aus. Die Reinigungszeit bei der Verwendung einer Rundsiebmaschine liegt bei 31,4 h. Mit dem Ziel, eine geringere Reinigungszeit zu realisieren, ist in der Tabelle 8 eine Berechnung unter der Verwendung einer weiteren Rundsiebmaschine aufgeführt. Das Resultat

zeigt, dass der Zerkleinerer und die Prozesswasserpumpe um jeweils ein Aggregat erweitert werden müssen. Zwar kann somit die Reinigungszeit halbiert werden, parallel verdoppelt sich in gleichem Maße der Gesamtenergieverbrauch. Um diesen zu Reduzieren und zeitgleich die gewünschte Durchsatzrate zu erfüllen, kann der Einsatz eines größeren Zerkleinerers, beispielsweise dem WLK 2000, vorgesehen werden; hierbei liegen jedoch keine Daten vor.

3. Teilprojekt 2 – neuartige Reitschichten auf Basis biobasierter Verstärkungstextilien

Die reittechnischen Eigenschaften von Reitschichten werden heute in Europa und USA fast ausschließlich durch Verstärkungstextilien verbessert, die in geringem Massenanteil in spezielle Quarzsande eingearbeitet werden. Wenige Ausnahmen hierzu, wie die Verfestigung der Quarzsandschicht mittels Wachse, wie dies in Europa ausschließlich in Großbritannien erfolgt, bieten reittechnisch schlechtere Eigenschaften und bilden für Pferde eine höhere Belastung. Zudem stellt die Verfestigung mit Wachsen aus umwelttechnischer Sicht keine Verbesserung gegenüber der Textilverstärkung dar, da eine auch nur teilweise Abtrennung der Wachse vom Quarzsand energetisch zu aufwendig ist. Die Problematik der begrenzten Haltbarkeit wird auch durch diese Methodik nicht überwunden. Das Vorhaben zielt folgerichtig auf die Entwicklung von umweltschonenden Reitschichten, in denen die Bioverträglichkeit durch den Einsatz bioverträglicher (kompostierbarer und nicht petrochemisch basierter) Textilien erzielt werden muss. Der Einsatz bioverträglicher Verstärkungstextilien in Reitschichten ist bislang Neuland. Die in naher Zukunft neu errichteten Reitplätze sollen mit einer bioverträglichen Reitschicht ausgestattet werden, welche keine Umweltbelastung mehr darstellt und mithin keine Sonderbehandlung in der Entsorgung benötigt.

3.1. Recherche und Beschaffung

Zunächst wurden Rechercharbeiten zu möglichen Lieferanten von Textilien auf Basis biobasierter und kompostierbarer Kunststoffe durchgeführt und in Bezug auf mögliche Eignungen und Einsatz für die Anwendung in Reitschichten evaluiert. Da die Chance geeignete Textilien auf Basis biobasierter Fasern zu erhalten derzeit am größten ist, lag hierbei der Schwerpunkt auf der Suche nach textilverarbeitenden Unternehmen, die PLA-Fasern (zunächst auch in Labormengen) zu Textilien verarbeiten können. Jedoch konnte festgestellt werden, dass es eine äußerst geringe Auswahl an Vliesen existieren, welche aus einem kompostierbaren Material hergestellt werden. Demzufolge konnten ausschließlich zwei kompostierbare Vliese recherchiert werden, welche aus nahezu unterschiedlichen Materialien hergestellt wurden (Stand 12/2019).

Die Ergebnisse zu den recherchierten Vliesen sind, unter anderem mit dem derzeit verwendeten Vlies (Nordsand), in der Tabelle 9 aufgeführt. Hierbei zeigten sich besonders die Vliese der Firma Global Trade Maaßen mit dem höchsten Anteil an PLA und der Firma King RootBarrier mit einem 95 %igen PLA- und 5 %igen Hanfanteil (aus der EU) als potentiell geeignetsten.

Tabelle 9 Geotextilien

Bezeichnung	Zusammensetzung	Flächengewicht	Dicke
Nordsand	100 % PE	175 g/m ²	(0,8 ± 0,2) mm
Masgard® Öko Unkrautvlies	100 % PLA	155 g/m ²	(1 ± 0,1) mm
RootBarrier® BioCovers®	95 % PLA, 5 % Hanf	157 g/m ²	(1 ± 0,3) mm

3.2. Experimentelle Untersuchung des Eigenschaftsprofils der Textilien

3.2.1. Künstliches Bestrahlen und Bewittern in Anlehnung an DIN EN ISO 4892-3

Der zukünftig mögliche Einsatz der recherchierten Vliese ist mit der Lagerung im Freien vergleichbar. Die hier auf die Materialien einwirkenden Größen sind neben Feuchtigkeit, Temperaturschwankungen und Schadstoffen, im besonderen Maße durch UV-Strahlung gekennzeichnet. Hierzu kann eine zeittraffende Alterung, eine Simulation durch künstliche Bewitterung, der Vliese vorgenommen werden; naheliegend ist jedoch, dass es sich um eine Simulation handelt, welche nicht alle Einflussgrößen abdecken kann. Unter Verwendung von gefilterten UV-Lampen stellt demnach nur einen Teilaspekt der UV-Beständigkeit gegen Freibewitterungseinflüsse dar. Eine solche Überprüfung stellt daher eine grobe Abschätzung des möglichen Verhaltens dar.

Im Folgenden wurde zunächst eine Abschätzung der unter Freilagerung zu erwartender Globalstrahlung für die Bundesrepublik Deutschland im Jahr 2018 vorgenommen. Da die Jahressumme der Globalstrahlung sehr starken Schwankungen ausgesetzt ist, wurde das Jahresmittel von 1.207 kWh/m² (ca. 300 – 3000 nm) herangezogen [5]. Durch das Einsetzen entsprechender Filter, wurde die Bestrahlungsstärke der Gerätebewitterung, entsprechend der DIN EN ISO 4892-3 [6] auf einen Wellenlängenintervall von 290 nm bis 400 nm eingestellt. Aufgrund fehlender Produktnormen wurde auf die in der Norm DIN EN ISO 4892, Anhang C1 genannten CIE-Publikation Nr. 85: 1989 [7] Prozentanteile an der Gesamtstrahlung zurückgegriffen. Dort wird ein für die Kunststoffalterung maßgeblicher Bereich des Sonnenspektrums (300 nm bis 2450 nm) auf den Bereich 300 nm bis 450 nm mit einem Anteil von 6,8 % definiert. Basierend auf die Norm DIN EN ISO 4892-3 Anhang A, wurde eine empfohlene UV-Bestrahlungsstärke von 45 W/m² herangezogen. Somit ergibt sich ergibt sich eine festgelegte Gerätelaufzeit, für eine festgelegte Strahlerleistung von 45 W/m² (300 – 400 nm), zur simulierten Bewitterung von ca. 1820 h (Abbildung 10). Der Beanspruchungszyklus wurde entsprechend der Anlage A der DIN EN ISO 4892-3 mit einer 5 stündigen Trockenperiode und einer 1 stündigen Benässung bei eingeschalteter Bestrahlung eingestellt. Die Umgebungstemperatur wurde entsprechend der aus der Strahlung resultierenden Erwärmung der Proben mit Hilfe eines Schwarztafeltemperatursensors auf (50 ± 3) °C und einer relativen Luftfeuchte < 15 % geregelt.

Zur Beurteilung und Spezifizierung der Freibewitterungsstabilität von Kunststoffvliesen stellt die Gerätebestrahlung mit UV-Lampen nach DIN EN ISO 4892 ein pragmatisches Mittel dar. Es lassen sich reproduzierbare und objektiv überprüfbare Vergleichswerte anhand genormter Laborkennwerte (z.B. Zugversuch) ermitteln, die z.B. zur Qualitätsüberwachung oder Überprüfung vereinbarter Qualitäten geeignet sind oder eine Vergleichbarkeit unter den Proben zulassen.

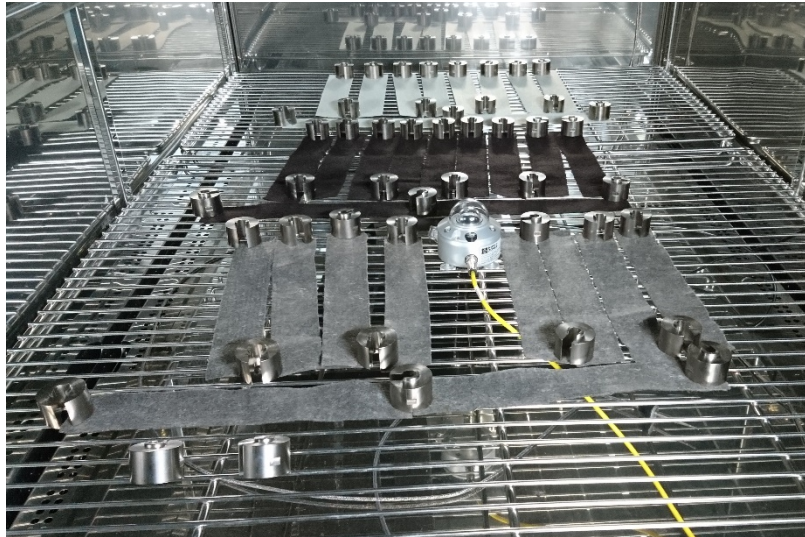


Abbildung 10 künstliche Bestrahlung und Bewitterung in Anlehnung an DIN EN ISO 4892-3

3.2.2. Mikroskopie

Im Anschluss an die künstliche Bestrahlung und Bewitterung der Proben, wurden diese zur Betrachtung von möglichen Veränderungen, mittels Digitalmikroskop Keyence der Modellreihe VHX 2000 mikroskopiert. Hierbei wurde darauf geachtet, dass bei der Untersuchung gleiche Lichtverhältnisse herrschten, um eventuelle optische photooxidativ Alterungen zu detektieren. Bei Thermoplasten kommt es mitunter sehr häufig zu einer Vergilbung bzw. Verfärbung der Oberfläche, besonders stark hervorgerufen durch die hohe Empfindlichkeit in den UV-Bereichen UV-A (400 – 320 nm) und UV-B (320 – 380 nm); die Bandbreite des Strahlungsspektrums der Globalstrahlung liegt zwischen 300 bis 1500 nm. Weitere Parameter und Belastungen treten durch Feuchtigkeit, Außentemperaturen (-30 bis +50°C) und die Abbauempfindlichkeit in Abhängigkeit der Wellenlänge sowie der Eigenfarbe der Materialien selbst, auf [8]. So kann es zu ebenfalls zu optisch detektierbaren Oberflächenrissen und Verkreidungen kommen. In den nachfolgenden Abbildungen sind die Ergebnisse der Untersuchung dargestellt (linke: Neuware, rechts: bewittert).

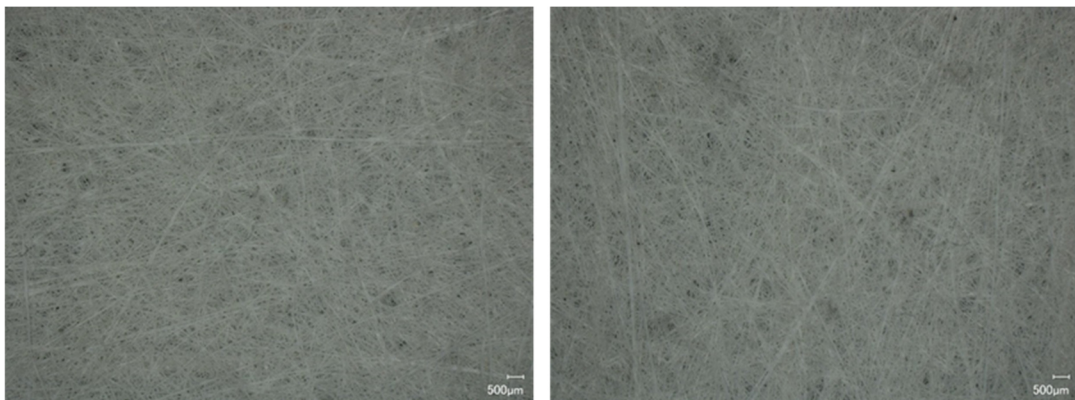


Abbildung 11 Mikroskopie - Nordsand, links: Neuware, rechts: bewittert

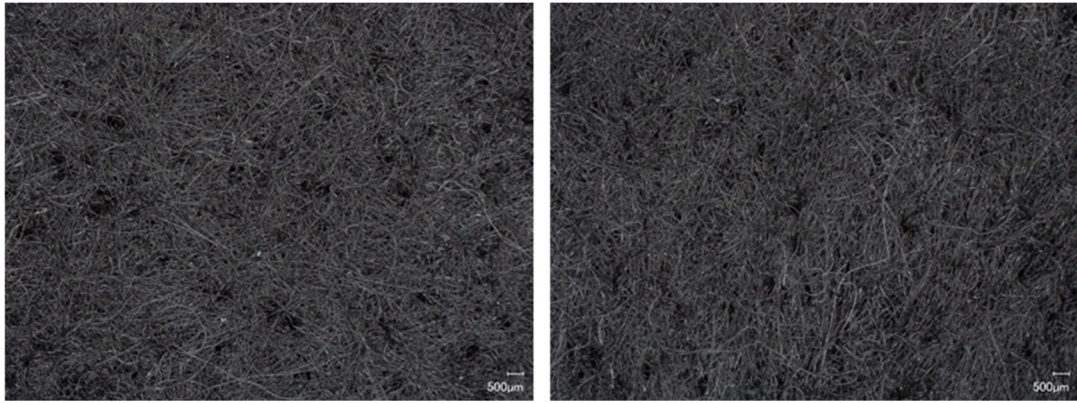


Abbildung 12 Mikroskopie -Masgard, links: Neuware, rechts: bewittert

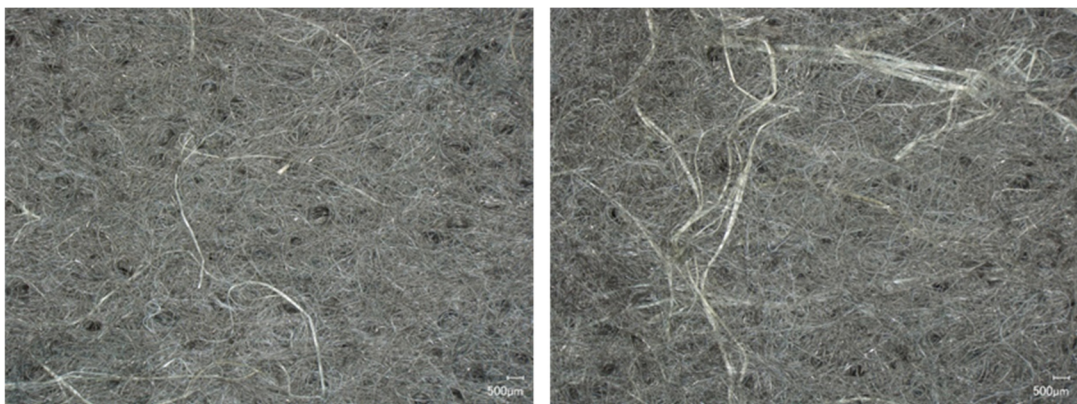


Abbildung 13 Mikroskopie -RootBarrier, links: Neuware, rechts: bewittert

Die mikroskopische Untersuchung der Vliese wurde mit einer 20-fachen Vergrößerung vorgenommen. Die Mikroskopie hat keine signifikanten Änderungen aufgezeigt. Weder Oberflächenrisse (u. a. durch Versprödung) noch Verfärbungen konnten ausgemacht werden.

3.2.3. Zugversuche nach ISO 9073-3 & in Anlehnung an ISO 13934-1

Der mechanische Abbau der Vlieshäcksel in Reitschichten ist unter anderem besonders stark von Zugkräften geprägt. Charakterisiert wird der mechanische Abbau durch die verbleibende Höchstzugkraft sowie der Höchstzugkraftdehnung der Vliese. Entsprechend der Probenbeschaffenheit eines Geotextiles, wurden Zugversuche nach ISO 9073-3 [9] und der, innerhalb der Norm verwiesenen, ISO 13934-1 [10] durchgeführt. Folgende Probengeometrien und Zugparameter wurden eingestellt:

- ISO 9073-3:
 - Probenbreite $B = (50 \pm 5)$ mm
 - Probeneinspannlänge $L = (200 \pm 1)$ mm
 - Probenentnahme min. 100 mm entfernt vom Rand des Gebindes
- ISO 13934-1:
 - Prüfgeschwindigkeit von 100 mm/min
 - Aufnahme der Zugkraft-Dehnungs-Kurve

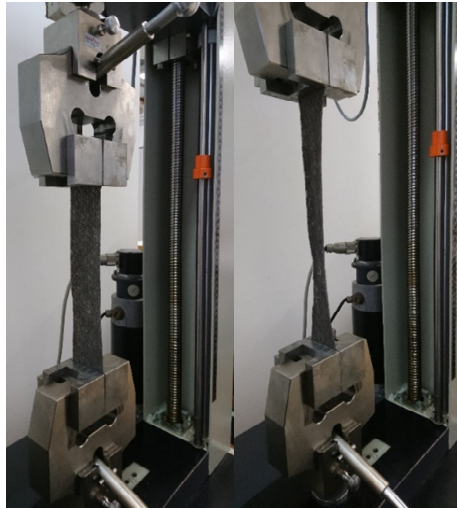


Abbildung 14 Zugversuch nach ISO 9073-3

Um den Einfluss auf die mechanischen Werte, hervorgerufen durch den Abbau der Vliese, zu analysieren, wurden die in Kapitel 3.2.1 künstlich bestrahlten und bewitterten Proben herangezogen und vergleichend zu gleichen Proben im Neuwere-Zustand geprüft. Die Ergebnisse der Untersuchungen sind in den nachfolgenden Diagrammen dargestellt.

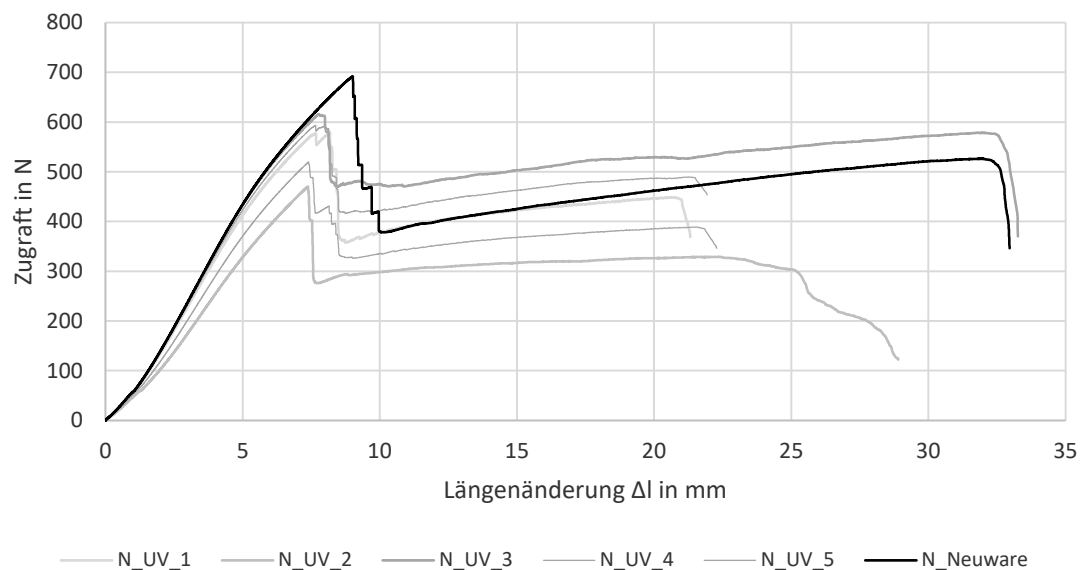


Abbildung 15 Zugversuche nach ISO 9073-3: Vlies - Nordsand

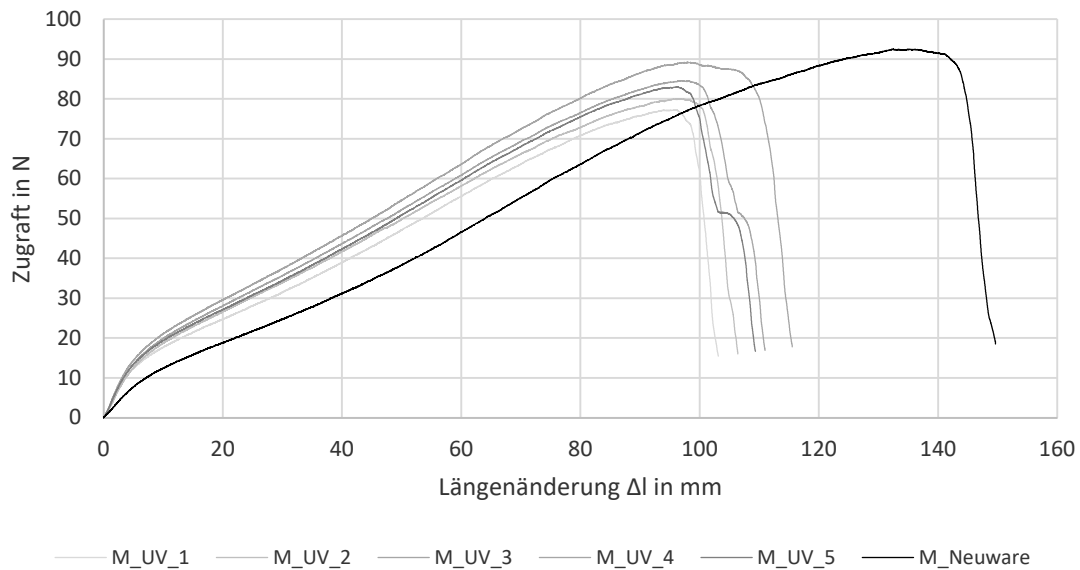


Abbildung 16 Zugversuche nach ISO 9073-3: Vlies - Masgard

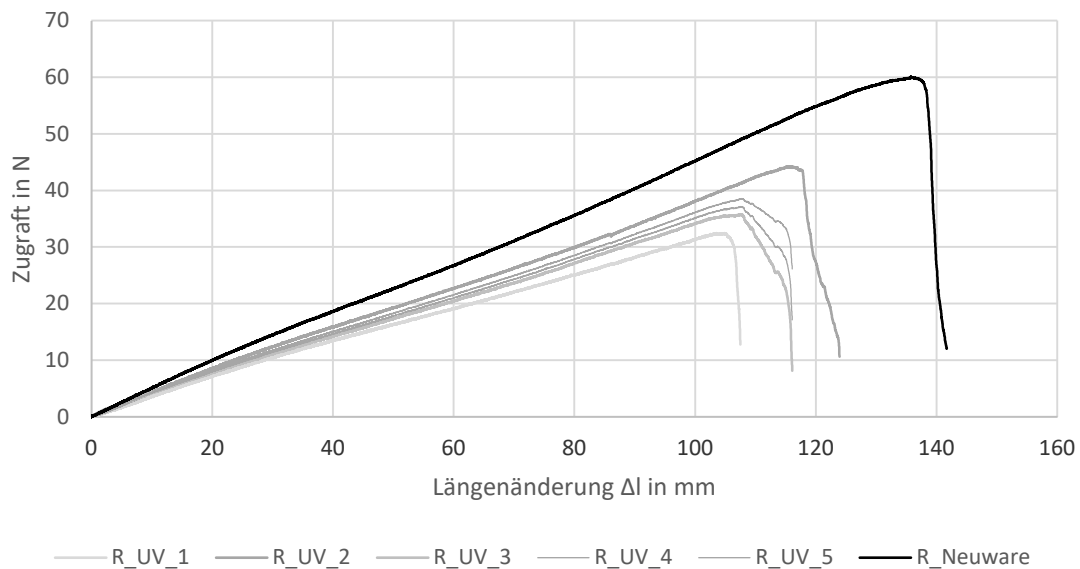


Abbildung 17 Zugversuche nach ISO 9073-3: Vlies - RootBarrier

Zu verbesserten Vergleichszwecken wurden die Ergebnisse der mechanischen Untersuchungen in Balkendiagrammen dargestellt. In Abbildung 18 ist ersichtlich, dass zwischen den kompostierbaren Vliesen und dem konventionell eingesetzten Vlies (PP) in Hinblick auf die Höchstzugkraft sehr große Unterschiede gibt. Das aus Polypropylen hergestellte Vlies weist eine um ca. 6,5-fach höhere Höchstzugkraft auf, als die kompostierbaren Proben. Das Material weist dementsprechende eine höhere Steifigkeit und somit eine weitaus höhere Festigkeit auf. Nach der künstlichen Bewitterung sinkt die Höchstzugkraft des PP-Vlieses um ca. 20 %, während bei den kompostierbaren Vliesen eine Reduzierung von im Mittel um 25 % resultiert. Die kompostierbaren Vliese verhalten sich

relativ ähnlich zueinander. Sie weisen insgesamt eine wesentlich niedrigere Höchstzugkraft auf; ebenfalls zeigen sie eine geringere Steifigkeit, was bereits in den Auswertungen der Zugversuche zu erkennen ist (Abbildung 15 bis Abbildung 17).

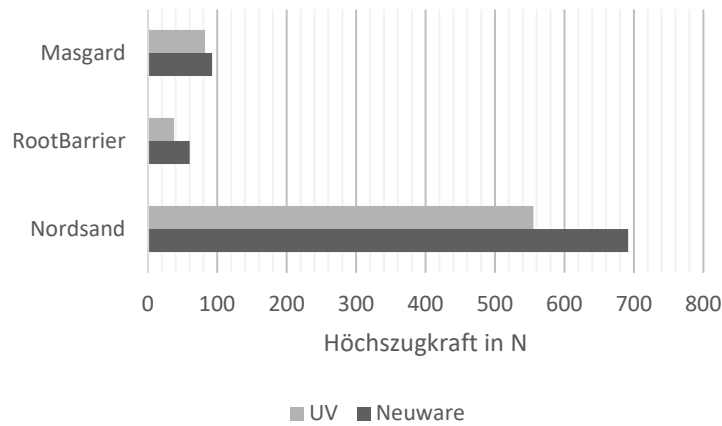


Abbildung 18 Höchstzugkraft (N) nach ISO 9073 -3

Die Ergebnisse zu der Höchstzugkraftdehnung sind in den Abbildungen 16 und 17 dargestellt. Zu erkennen ist ein großer Unterschied hinsichtlich der Dehnungswerten bei auftretender Höchstzugkraft. Hier zeigt sich, dass das konventionelle Vlies (PP) eine ca. 14-fach kleinere Höchstzugkraftdehnung aufweist. Es lässt sich daraus ableiten, dass die kompostierbaren Materialien aus PLA und PLA mit Hanf, eine wesentlich höhere Nachgiebigkeit als das konventionelle Vlies aufweisen.

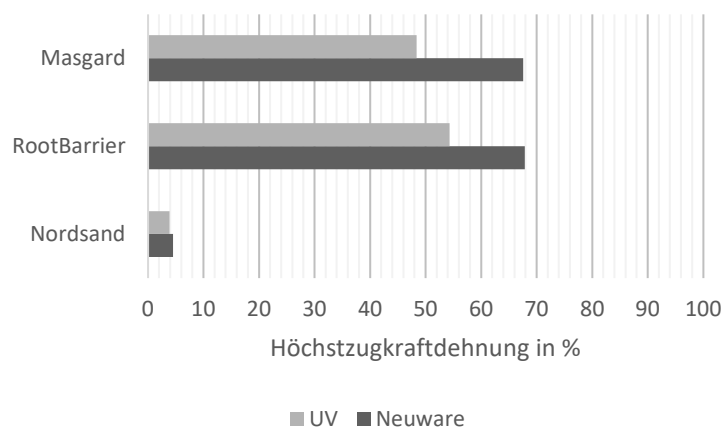


Abbildung 19 Höchstzugkraftdehnung (%) nach ISO 9073 -3

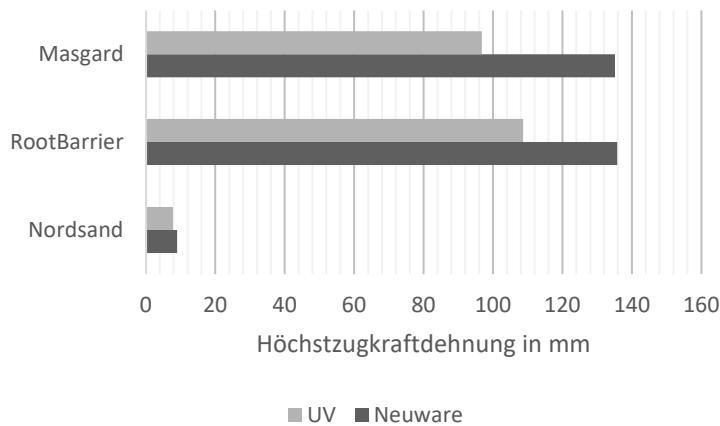


Abbildung 20 Höchstzugkraftdehnung (mm) nach ISO 9073 -3

3.2.4. Verdichtungsfähigkeit (Proctorversuch in Anlehnung an DIN 18127)

Eine äußerst wichtige Anforderung an Tretschichten von Reitböden, besteht in der Verdichtung des Reitsandes. Ein unzureichender Verdichtungsgrad kann die Ursache für einen zu tiefen Boden darstellen. Ein zu niedriger Verdichtungsgrad führt zu einer zu hohen Eindringtiefe des Hufes, was wiederum zu einer ungleichmäßigen Belastung des gesamten Bewegungsapparates des Pferdes führt. Dem Gegenüber besteht die Forderung darin, dem Boden ein gewisses Maß an Elastizität und Rückstellfähigkeit zu geben. Hierzu eignet sich die Einbringung von Vlieshäckseln. Im richtigen Verhältnis zum Quarzsand eingebracht, sorgen sie für den gewünschten Effekt, die Elastizität und die Rückstellfähigkeit zu verbessern. Die Verdichtbarkeit des Reitbodens steht in Abhängigkeit zu dessen Wassergehalt. In der Praxis wird hierzu der Reitboden in regelmäßigen Abständen bewässert, um so die gewünschten Eigenschaften zu erzielen.

Da der Verdichtungsgrad einen enorm hohen Stellenwert darstellt und dieser von den Vlieshäckseln beeinflusst wird, werden die vorab künstlich bestrahlten und bewitterten, als auch die Vliese im Neuwarezustand zerkleinert und in gleicher Konzentration (3 %) dem Quarzsand zugegeben. Hierbei wurde der geforderte Wassergehalt vom Projektpartner vorgegeben. Der Verdichtungsgrad der Materialien wurde in Anlehnung (Messung bei vorgegebenem Wassergehalt) des typisch verwendeten Proctorversuches nach DIN 18127 [11] ermittelt (Abbildung 21).

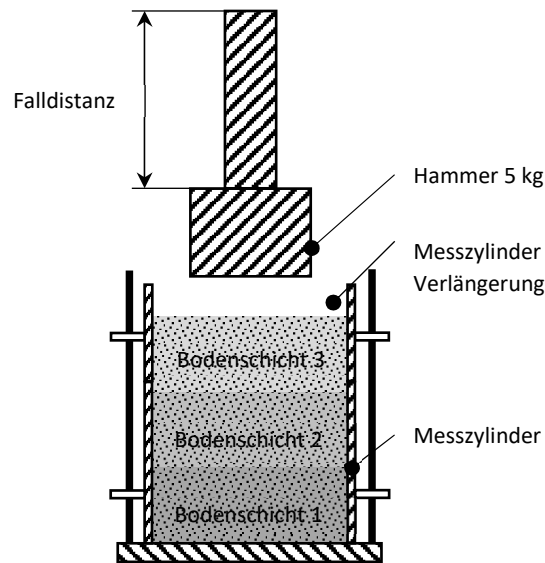


Abbildung 21 Proctorversuch: Aufbau nach DIN 18127: 2012-09

Die Proben aus Kapitel 3.2.1 wurden mit Hilfe einer kontinuierlichen Guillotine auf die vorgegebenen Größen von (10 ± 5) mm zerkleinert. Die so entstandenen Vlieshäcksel wurden nach den Vorgaben der Reitboden Stuckenberg RS GmbH mit dem Quarzsand gemischt; der Massenanteil der Mischkomponente lag hierbei bei 3 %. Der ideale Wassergehalt des Reitsandes war ebenfalls ein durch die Firma Reitboden Stuckenberg RS GmbH vorgegebener Bereich von ca. 0,25 bis 0,3. Um eine direkte Vergleichbarkeit zu realisieren, wurden alle Proben, konventionelles Vlies (PP) und die kompostierbaren Vliese (PLA und PLA mit Hanf), sowohl bewittert, als auch im unbewitterten Zustand 3 %igen Massenanteil und mit einem Wassergehalt von 0,25 bis 0,3, dem Quarzsand beigemischt. Im Anschluss wurden die Proben dreilagig in den sogenannten Proctoropf befüllt; jede Lage wurde hierbei mit 25 Hammerschlägen mit einem Gewicht von 5 kg und aus einer Fallhöhe von 30 cm verdichtet (Abbildung 22).



Abbildung 22 Proctorversuch in Anlehnung an ISO 18127: 2012-09

Im Anschluss daran wird der oberste Ring des Proctortopfes entfernt und das überschüssige Material der Probe, entlang des verbleibenden ersten Ringes durch Planziehen abgetragen, sodass die verbleibende Masse aufgenommen werden kann. Aus der ermittelten Feuchtmasse und dem genormten Volumen des Proctortopfes wird die Proctodichte ermittelt. Mit Hilfe der Proctor- und der Trockendichte wird der prozentuale Verdichtungsgrad berechnet, dessen Ergebnisse in der Abbildung 23 dargestellt sind. Erkennbar ist, dass die Materialien keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich deren Zustände (bewittert und Neuware) aufweisen. In Hinblick auf die Materialarten (PP, PLA und PLA + Hanf) sind ebenfalls kaum Unterschiede erkennbar.

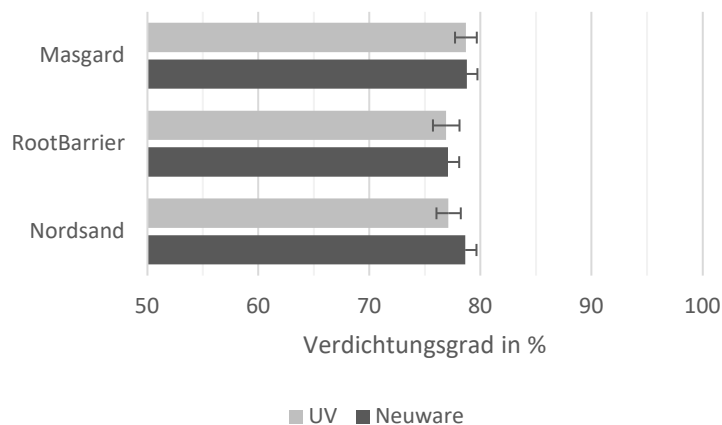


Abbildung 23 Ergebnisse – Verdichtungsgrad

3.3. Praxisprüfung

Die innerhalb des Arbeitspaketes II.2 durchgeführten Praxisprüfungen bzw. Berittprüfung ausgewählter Reitschichten erfolgten in Eigenleistung durch die Firma Reitboden-Stuckenberg RS GmbH. Das Protokoll bzw. der Bericht sind dem Anhang 1 zu entnehmen.

3.4. Bilanzierung

3.4.1. ökologische Bilanzierung

Ein bedeutsamer Faktor in der Verwertung der innerhalb dieses Teilvorhabens gefundenen, kompostierbaren Vliesen, ist die Bewertung der Nachhaltigkeit und eine damit einhergehende praxisnahe Bilanzierung von Stoffeigenschaften und -kreisläufen. Durch die Herstellung, Verarbeitung bzw. Nutzung und Entsorgung von Werkstoffen, entsteht eine durch den Menschen verursachte Belastung auf die Umwelt, welcher wiederum teilweise eine irreversible Zerstörung dieser herbeiführt. Aus dieser Umweltbelastung heraus ergibt sich das Ziel, in allen Bereichen der Produktherstellung, -verwertung und -entsorgung, ein nachhaltiges Wirtschaften zu realisieren. Hierbei besteht die Schwierigkeit darin, als dass es in den Prozessfolgen sowie in den Stoff- und Energieflüssen eine Vielzahl an Abhängigkeiten (teilweise untereinander) zu Bestimmen und zu quantifizieren.

Eine aus dieser Komplexität heraus entstandenen Methode ist die Aufstellung einer sogenannten Ökobilanz bzw. eines Life-Cycle-Assessment (kurz: LCA). Die ökologische Bilanzierung beschreibt eine Methode, in der durch Bestimmung von materiellen und immateriellen verursachten Umweltbelastungen sowie deren potentiellen Wirkungen auf die Umwelt, über alle Bereiche der Wertschöpfungskette des Verursacherproduktes, bilanziert wird. Folgende Wirkungsabschätzungen [12] gelten als relevant und sind in einer Ökobilanz zu berücksichtigen:

- Versauerungspotential AP
 - Freisetzung von Stoffen mit versauernder Wirkung führt zu einer Steigerung von H⁺-Ionen in Luft, Wasser und Böden
 - wird in SO₂ Äquivalent pro funktionelle Einheit angegeben
- Eutrophierungspotential EP
 - Bezeichnung für die Entstehung eines wachsenden Überschusses an Nährstoffen sowie den Zustandswechsel von Gewässern und Böden in einen eutrophen Zustand
 - wird in PO₄ Äquivalent pro funktionelle Einheit angegeben
- Globales Erwärmungspotenzial GWP
 - gibt das lebenszyklusbezogene Treibhausgaspotential des Werkstoffes an
 - die Angabe erfolgt in kg CO₂ Äquivalent
- Abbaupotenzial der stratosphärischen Ozonschicht ODP
 - Kennwert für die produktive Fläche, welche aufgebracht werden muss für die Produktion von Nahrung, Kleidung, Infrastruktur und Absorption von Emissionen, sowie Abfallprodukten durch die Umwelt
 - die Einheit wird in kg R11 Äquivalent bzw. global-durchschnittliche Produktion eines Global Hektars
- Bildungspotenzial für troposphärisches Ozon POCP
 - Stickoxide und Kohlenwasserstoffe reagieren mit der UV-Strahlung in bodennahen Schichten zu Ozon, welche als human- und ökotoxische Verunreinigung gilt
 - POCP wird in kg Ethen Äquivalent bzw. C₂H₄ Äquivalent angegeben

Die Datensätze repräsentieren die Umweltwirkungen über den gesamten Lebensweg („from cradle to grave“) der Produkte. Die Auswertung der folgenden Daten², wurden nach dem European Standard EN 15804 für nachhaltiges Bauen modelliert und bilden die länderspezifischen Situationen in Deutschland ab; so wurden beispielsweise Haupttechnologien, regionale Charakteristiken und gegebenenfalls Importstatistiken berücksichtigt. Die Werte wurden hierbei den Datenbanken ÖKOBAUDAT [2][2], [1][1] des Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) und Literaturwerten entnommen [3][3]. Hierbei ist zu beachten, dass die Aufnahme von biogenem Kohlenstoff teilweise mitbilanziert wurde und teilweise nicht. Biogener Kohlenstoff beschreibt die über Fotosynthese gebundenen Kohlenstoff, welcher sich im biobasierten Kunststoff ergibt. Die kann bei Vergleichen zu konventionellen Kunststoffen zu Verzerrungen führen [3][3].

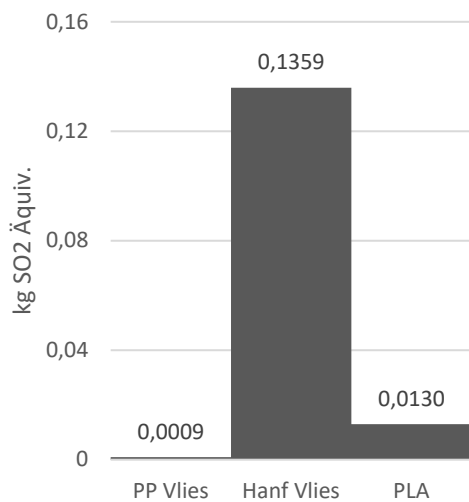


Abbildung 24 Versauerungspotential AP

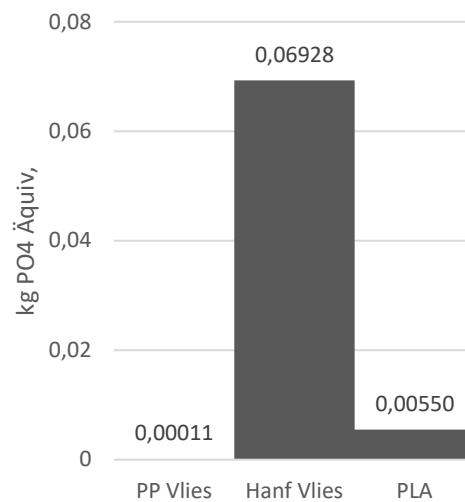


Abbildung 25 Eutrophierungspotential EP

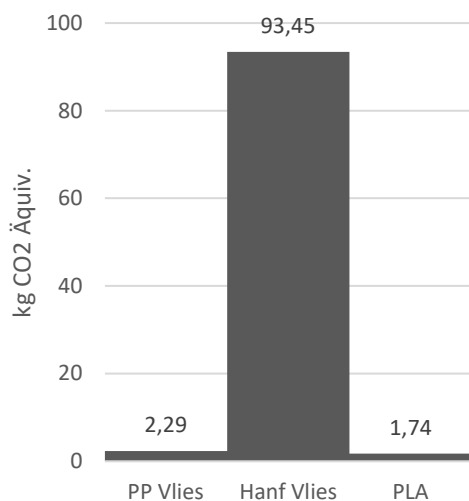


Abbildung 26 Globales Erwärmungspotenzial GWP

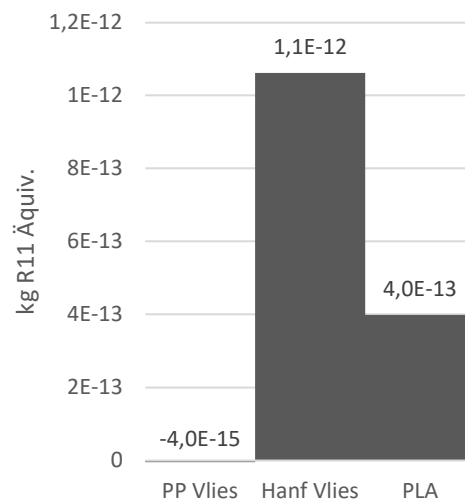


Abbildung 27 Abbaupotenzial der stratosphärischen Ozonschicht ODP

² aufgrund nicht bereitgestellter Daten zur Ökobilanz von PLA Vliesen, sind in dieser ökobilanzierten Betrachtung gemittelte Werte der stereoisomeren Varianten (D-Lactid & L-Lactid) angegeben

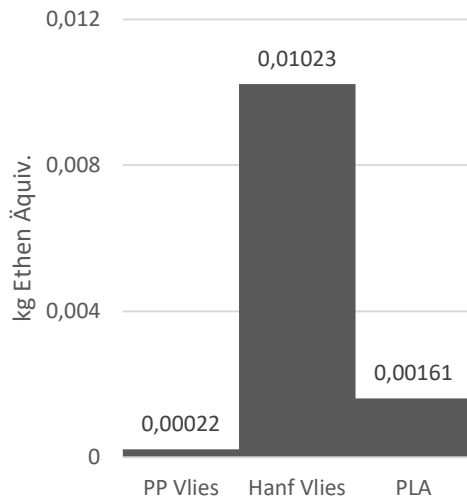


Abbildung 28 Bildungspotenzial für troposphärisches Ozon POCP

3.4.2. wirtschaftliche Bilanzierung

In diesem Teil des Projektes wurde eine wirtschaftliche Bilanzierung erarbeitet. Dabei sind ausschließlich die Kosten der einzelnen Aggregate aufgestellt, welche beruhend auf den Auswertungen des Teilprojektes I, als notwendig erachtet wurden. Diese wurden entsprechend den Anforderungen nach hohem Durchsatz und niedriger Reinigungszeit ausgewählt bzw. skaliert. Die Ergebnisse sind in Tabelle 10 dargestellt.

Die Bilanzierung wurde, wie bereits in den Kapiteln 2.3 und 2.4 angegeben, entsprechend unterschiedlichen Konfigurationen (Einsatz kleiner und großer Rundsiebmaschinen, sowie Einsatz unterschiedlicher Anzahl dieser) vorgenommen. Wie zu erwarten zeigt sich, dass je nach Konfiguration eine Investitionssumme zwischen ca. 201.000 € bis ca. 342.000 € notwendig ist, um eine mobile Aufbereitungsanlage aufzubauen. Jedoch zeigt im Hinblick der Investition sich ergebene Reinigungszeiten von ca. 10 Arbeitstagen bis ca. 2 Arbeitstagen. Dieser Umstand führt zu einer deutlichen Reduzierung an Personalkosten und zu einer starken Reduzierung der Reinigungszeit, was wiederum die komplette Aufbereitung des Reitplatzes (Abbau, Reinigung und Neubau) beschleunigt.

Tabelle 10 wirtschaftliche Bilanzierung

Aggregat	Größe / Ausführung	Preis	S	Kosten inkl. S	Konfiguration A		Konfiguration B		Konfiguration C		Konfiguration D	
					Anzahl	Gesamtkosten	Anzahl	Gesamtkosten	Anzahl	Gesamtkosten	Anzahl	Gesamtkosten
Rundsiebmaschine inkl. Siebdecks (4)	40"	24.000,00 €	1,3	31.200,00 €	1,0	31.200,00 €	2,0	62.400,00 €	-	-	-	-
	60"	39.000,00 €	1,3	50.700,00 €	-	-	-	-	1,0	50.700,00 €	2,0	101.400,00 €
Stromerzeugung	HO-MA H160-3A-IV- OS stationär	23.113,00 €	1,2	27.735,60 €	1,0	27.735,60 €	1,0	27.735,60 €	-	-	-	-
	HO-MA H250-3A-IV- OS stationär	36.400,00 €	1,2	43.680,00 €	-	-	-	-	1,0	43.680,00 €	1,0	43.680,00 €
Zerkleinerer	WLK 1000	30.000,00 €	1,5	45.000,00 €	1,0	45.000,00 €	2,0	90.000,00 €	-	-	-	-
	WLK 1500	45.000,00 €	1,2	54.000,00 €	-	-	-	-	1,0	54.000,00 €	2,0	108.000,00 €
Förderpumpe	Zentrifugalpumpe	2.000,00 €	1,5	3.000,00 €	1,0	3.000,00 €	1,0	3.000,00 €	1,0	3.000,00 €	2,0	6.000,00 €
Container	40' Fuß mobil	4.800,00 €	1,2	5.760,00 €	1,0	5.760,00 €	1,0	5.760,00 €	1,0	5.760,00 €	1,0	5.760,00 €
Wasserspeicher	6000 m³	1.420,00 €	1,2	1.704,00 €	2,0	3.408,00 €	2,0	3.408,00 €	2,0	3.408,00 €	2,0	3.408,00 €
Elektronik	Komponenten & Techniker	4.000,00 €	1,5	6.000,00 €	1,5	9.000,00 €	1,5	9.000,00 €	1,5	9.000,00 €	1,5	9.000,00 €
vorl. ortsfeste sicherheitstechn. Bewertung	Überprüfung	3.500,00 €	1,5	5.250,00 €	1,0	5.250,00 €	1,0	5.250,00 €	1,0	5.250,00 €	1,0	5.250,00 €
Verrohrung	Edelstahl (70x8)	7.500,00 €	2,0	15.000,00 €	1,0	15.000,00 €	1,0	15.000,00 €	1,2	18.000,00 €	1,2	18.000,00 €
Montage & Lieferung	Vorkalkulation	8.000,00 €	1,5	12.000,00 €	1,0	12.000,00 €	1,0	12.000,00 €	1,2	14.400,00 €	1,2	14.400,00 €
Reinigungszeit					73,2 h		36,7 h		31,4 h		15,7 h	

	Konfiguration A	Konfiguration B	Konfiguration C	Konfiguration D
Summe	157.353,60 €	233.553,60 €	207.198,00 €	314.898,00 €

4. Schlussbetrachtung und Fazit

Als Fazit des Projektes lässt sich feststellen, dass die Ziele des Teilprojektes I, ein energetisch und wirtschaftlich akzeptables Verfahren zur Aufbereitung verbrauchter Reitschichten zu schaffen und die Ziele des Teilprojektes II zur Entwicklung neuartiger Reitschichten auf Basis biobasierter Textilien, erreicht werden konnten.

Im ersten Teil des Vorhabens erwies sich eine 200 %ige Skalierung der Trennkolonne als wirksam, den Durchsatz bei einer Reinigung zu erhöhen, jedoch konnte der geforderte Wert von $\gg 100$ kg/h nicht erreicht werden. Entsprechend dieser Erkenntnis musste das Konzept der Trennkolonne aufgegeben werden. Daher schlossen sich Recherchen und Durchführung kleinerer Versuche bei unterschiedlichen Geräteherstellern an, in denen alternative Technologie zum Einsatz gebracht werden. Im Ergebnis zeigte sich, dass das Konzept der Rundsiebmaschine in Kombination mit einem deutlich gesteigerten Wasserdurchsatz zielführend ist, sodass diese im weiteren Projektverlauf in die bestehende Anlage eingebaut wurde. In der Auswertung der hiermit durchgeführten Versuchsreihen zeigte das Konzept das Potential, den Durchsatz im Vergleich zum Desagglomerator-Konzept um ein Wesentliches zu erhöhen. So konnte ein Durchsatz an unterschiedlichen verbrauchten Reitböden je nach Materialbeschaffenheit von bis zu 1.500 kg/h erreicht werden, wobei sich nur geringe Abweichungen in der Ausbeute und Reinheit gegenüber dem Desagglomerator-Konzept ergaben.

Der zweite Teil des Vorhabens zeigte eine generelle Möglichkeit, konventionelle Vliese durch biologisch abbaubare Vliese zu ersetzen. Im ersten Teil der Untersuchung wurden alle Vliese künstlich bestrahlt und bewittert. Die nachgeführte Mikroskopie zeigte keinerlei Veränderungen der Vliese. In den mechanischen Eigenschaften zeigten sich konventionell auf PP-Basis hergestellte Vliese um das ca. 6,5-fache der Höchstzugkraft überlegen. Auch nach der Bewitterung zeigte das PP-Vlies noch wesentlich höhere Werte, als es bei den kompostierbaren Vliesen der Fall ist. Diese Ergebnisse lassen sich jedoch auf das Material selbst zurückführen, jedoch nicht auf die Alterung. Ein wichtiger Wert, mit dem die Reiteigenschaften von Reitböden bewertet werden, ist deren Verdichtungsfähigkeit. Diese wurde im Proctor-Test vergleichend ermittelt. Weder die Werte der Neuware (unbewittert) noch die der bewitterten Vliese zeigten signifikante Unterschiede zwischen den Materialien. Was den Verdichtungsgrad allgemein betrifft, zeigen alle Materialien nahezu gleiche Werte von ca. 78 %. Aus den Untersuchungen ergibt sich somit, dass die in diesem Vorhaben eingesetzten kompostierbaren Vliese durchaus Anwendung als textiles Verstärkungsmittel in Tretschichten Einsatz finden kann.

Der letzte Teil der Untersuchungen beschreiben die ökologische und die wirtschaftliche Bilanzierung. Die relevantesten ökobilanzierten Daten weisen keine generellen Umweltvorteile beim Einsatz der biologisch abbaubaren Kunststoffe auf. Die Verwendung nachwachsender Rohstoffe kann zu einer Schonung fossiler Ressourcen und somit zu einer Verbesserung von CO₂-Bilanzen führen. Eine Überlegenheit kann jedoch bei Betrachtung der relevanten Kategorien auf die Umweltwirkung nicht grundsätzlich bewiesen werden. Gesicherte Aussagen können erst unter Berücksichtigung weiterer Umweltwirkungen und unter Verwendung von zu 100 % gleichwertigen Datensätzen getroffen werden. Die wirtschaftliche Bilanzierung bietet Auskunft über die unterschiedliche, notwendige Investitionssumme zum Aufbau der Anlage. Hier zeigt sich, dass durch Einsatz größerer Aggregate der Durchsatz stark vergrößert werden kann, was zu einer Reduzierung der Reinigungszeit führt; jedoch muss eine wirtschaftliche Bewertung durch den Projektpartner erfolgen.

Literaturverzeichnis

- [1] BUNDESINSTITUT FÜR BAU-, STADT- UND RAUMFORSCHUNG: *Quantitative Produkt-/Prozesseigenschaften PE/PP Vlies* : ÖKOBAUDAT. oekobau.dat: 6.6.04 Kunststoffe / Folien und Vliese / Vliese, 2018
- [2] BUNDESINSTITUT FÜR BAU-, STADT- UND RAUMFORSCHUNG: *Quantitative Produkt-/Prozesseigenschaften Hanfvlies* : ÖKOBAUDAT. oekobau.dat: 2.13.01 Dämmstoffe / Hanffaser / Vlies, 2018
- [3] ENDRES, H. J. ; MUDERSBACH, M. ; BEHNSEN, H. ; SPIERLING, S.: *Biokunststoffe unter dem Blickwinkel der Nachhaltigkeit und Kommunikation : Status quo, Möglichkeiten und Herausforderungen* : Springer-Verlag, 2020
- [4] FINEX, Russell: *Rundsiebmaschinen | Finex Separator | Russell Finex*. URL https://www.dwd.de/DWD/klima/beratung/globalkarten/straka_13_2018_su.png – Überprüfungsdatum 2020-01-21
- [5] DEUTSCHER WETTERDIENST: *Globalstrahlung in der Bundesrepublik Deutschland : Basierend auf Satellitendaten und Bodenwerte aus dem DWD-Messnetz. Jahressummen 2018*. URL <https://www.dwd.de/DE/leistungen/solarenergie/solarenergie.html> – Überprüfungsdatum 2019-01-30
- [6] DIN EN ISO 4892-1: 2016-10. Oktober 2016. *Kunststoffe - Künstliches Bestrahlen oder Bewittern in Geräten - Teil 3: UV-Leuchtstofflampen*
- [7] DIN EN ISO 4892-3: 2014-02. Februar 2014. *Kunststoffe - Künstliches Bestrahlen oder Bewittern in Geräten - Teil 3: UV-Leuchtstofflampen*
- [8] KREBS, C. ; LEU, K. W.: *Langzeitverhalten von Thermoplasten: Alterungsverhalten und Chemikalienbeständigkeit* : Hanser, 1999
- [9] ISO 9073-3: 1989-07. Juli 1989. *Textilien; Prüfverfahren für Vliesstoffe; Teil 3: Bestimmung der Höchstzugkraft und der Höchstzugkraftdehnung*
- [10] ISO 13934-1: 2013-04. April 2013. *Textilien - Zugeigenschaften von textilen Flächengebilden - Teil 1: Bestimmung der Höchstzugkraft und Höchstzugkraft-Dehnung mit dem Streifen-Zugversuch*
- [11] DIN 18127: 2012-09. September 2012. *Baugrund, Untersuchung von Bodenproben - Proctorversuch*
- [12] CAALA GMBH, SONNBLICKSTR. 9, 81377 MÜNCHEN: *Knowledge Base Archiv - CAALA*. URL <https://caala.de/knowledgebase> – Überprüfungsdatum 2020-01-23

Anhang

Anhang 1

Protokoll und Bericht Praxisprüfung Fa. Reitboden-Stuckenberg RS GmbH

Projektbeschreibung

Test von alternativen Zuschlagstoffen in Reitsanden.

Beginn: April 2019

Es wurden 2 Testflächen angelegt.

Testfläche Nr. 1 war der Teil eines Ziehweges (Zuwegung zu einem Reitplatz) beim Reitstall Martin Ahaus in Bersenbrück. Diese Testfläche wurde im April 2019 angelegt aus 3 Schichten.

Testfläche Nr. 1 4m breit und 10 m lang in folgendem Aufbau.

Schicht 1 Schotterschicht aus RCL-Schotter 0-32mm 25 cm stark.

Schicht 2 Trennschicht aus RCL Brechsand 0-8 mm 10 cm stark.

Schicht 3 Trettschichtgemisch aus Quarzsand 0,063-0,6 mm 10 cm stark.

Die eingemischte PLA Faser wurde uns als Kunststofffaser angeboten, die auf Basis von Maisstärke produziert wird. Wir haben pro m² 0,5 KG PLA-Faser in die Trettschicht eingemischt.

Diese Versuchsfläche wurde bis Nov. 2019 betrieben. Pro Tag wurde diese Fläche mit ca. 30 Pferden belastet indem die Pferde auf den Reitplatz und vom Reitplatz zum Stall zurückgeritten wurden.

Es wurde innerhalb dieses Zeitraumes kein nennenswerter Abrieb der den eingemischten Fasern festgestellt. Die Feststellung wurde durch Inaugenscheinnahme durchgeführt. Im Dez. 2019 sollte dann eine Probenahme zur Analyse in einem Labor für Sportstättenbau durchgeführt werden.

Leider wurde diese Testfläche im Nov. 2019 durch einen Starkregen abgeschwemmt und durch darüberliegendes Erdreich verschmutzt, die verwendeten Materialien wurden abgebaut und entsorgt.

Die Testfläche Nr. 2 ist ein Reitboden in der Reithalle des Reitvereins Merzen e. V. Mühlenweg 13, 49586 Merzen.

Einbaudatum ist Dez. 2019

Die Fläche beträgt 20 x 40 m mit einer Belagshöhe von 8,5 cm.

Untergrund unter der Trettschicht ist wieder ein RCL Brechsand aus Ziegelrecycling in der Absiebung 0-8 mm mit Lasergrader eingebaut und verdichtet.

Es sind hier im gleichen Mischungsverhältnis wie auf der Testfläche Nr. 1, 110 Tonnen Trettschicht verbaut.

Die Fläche wird pro Tag von 15 bis 25 Pferden pro Tag intensiv beritten.

Eine 1. Probeentnahme ist für Juni 2020 geplant.