



Analysepapier Pflanzenkohle

Rechtliche Einordnung des Einsatzes  
von Pflanzenkohle

*Antonia Kallina*

*Kehler Institut für Angewandte Forschung*

*Hochschule für öffentliche Verwaltung Kehl*

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

Pflanzkohle ist ein universeller Stoff, der nicht nur als Lebensmittelzusatzstoff E 153 in gereiftem Käse, Zubereitungen aus Obst und Gemüse und in Fisch und Fischereiprodukten zugelassen ist nach Anhang II Teil E VO (EG) 1333/2008, sondern sich als auch für den Einsatz in der Landwirtschaft als Düngemittel, Bodenhilfsstoff und als Negativemission eignet. Bei den negativen Emissionen geht es darum, den Gehalt an Treibhausgasen in der Atmosphäre zu begrenzen. Die Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina unterscheidet dabei zwei Möglichkeiten. Zum einen Verfahren zur Vermeidung von Treibhausgasen, die die Menge an ausgestoßenen Treibhausgasen durch klimafreundliche Technologien reduzieren oder Energie effizienter genutzt wird. Zum anderen sind Negativemissionen Verfahren zur Entnahme von CO<sub>2</sub> aus der Luft. Das bekannteste Beispiel hierfür ist die Aufforstung. Hierbei wird CO<sub>2</sub> durch die Bäume aufgenommen und der Kohlenstoff im Holz gespeichert (Leopoldina, S. 2).

Neben der Aufforstung gibt es weitere Negativemissionstechnologien, die Kohlenstoff langfristig binden sollen, dazu gehört Pflanzkohle. Bei der Erhitzung von Biomasse unter Ausschluss von Sauerstoff entsteht Pflanzkohle. Diese Pflanzkohle kann den Kohlenstoff der ursprünglich aus der Luft kommt über längere Zeit speichern (Leopoldina, S. 8).

Langfristig werden Negativemissionen notwendig sein, um die Ziele des Pariser Klimaschutzabkommens einzuhalten (Calvin et al.). Das verdeutlicht die Notwendigkeit sich näher mit den rechtlichen Rahmenbedingungen für die Herstellung von Pflanzkohle und den Einsatz von Pflanzkohle in der Landwirtschaft auseinander zu setzen.

# 1. Herstellung von Pflanzenkohle

Pflanzenkohle wird im Rahmen des Pyrolyseverfahrens hergestellt. Die Pyrolyse ist ein thermochemischer Umwandlungsprozess, wobei Biomasse als Ausgangsmaterial unter Ausschluss von Sauerstoff erhitzt wird. Ziel des Pyrolyseverfahrens ist nicht die direkte Gewinnung von Nutzenergie, sondern von Sekundärenergieträgern. Je nach Art des erhitzten Ausgangsstoffes, des Wassergehaltes des Ausgangsstoffes, der Höhe der im Verfahren eingesetzten Temperaturen und der Länge der Erhitzung können bei der Pyrolyse Pyrolyseöle, Pyrolysegase und Pflanzenkohle entstehen. Diese drei Endprodukte der Pyrolyse von Biomasse sind Sekundärenergieträger. Da es bei der Herstellung von Pflanzenkohle jedoch vorrangig darum geht die Pflanzenkohle nicht weiter energetisch zu nutzen, sondern den darin enthaltenen Kohlenstoff möglichst dauerhaft der Atmosphäre zu entziehen, sollten allenfalls das Pyrolyseöl und das Pyrolysegas energetisch genutzt werden. Das Verfahren der Pyrolyse ist bereits technisch ausgereift und ermöglicht je nach Eingabequalität der Biomasse konstante Qualitäten der Pflanzenkohlen (Lehmann & Joseph, 2015).

Pflanzenkohle hat vielfältige Einsatzmöglichkeiten je nach Güte der Pflanzenkohle kann es als Lebensmittelzusatzstoff, als Bodenverbesserer oder mit Nährstoffen versetzt als Düngemittel auf landwirtschaftlichen Feldern eingesetzt werden. Damit ist Pflanzenkohle ein richtiges Multitalent.

## 1.1 Rechtliche Einordnung des Pyrolyseverfahrens

Die rechtliche Einordnung und die daraus resultierenden Anforderungen des Pyrolyseverfahrens werden in Deutschland derzeit leider uneinheitlich gehandhabt. Im Genehmigungsprozess werden die Anlagen teils der Müllverbrennung, teils der Holzverbrennung zugeordnet, sodass die zuständigen Behörden unterschiedliche Verordnungen zur Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetzes anwenden (Rupp & Bluhm, 2023, S. 5).

### 1.1.1 Genehmigungspflicht nach BImSchG

Grundsätzlich sind Anlagen zur Herstellung von Pflanzenkohle nach § 4 Abs. 1 BImSchG genehmigungspflichtig. Die Genehmigung nach dem Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG) knüpft an das Hervorrufen von schädlichen Umwelteinwirkungen an.

Dazu folgender Gesetzesauszug:

---

§ 4 BImSchG

Die Errichtung und der Betrieb von Anlagen, die auf Grund ihrer Beschaffenheit oder ihres Betriebs in besonderem Maße geeignet sind, schädliche Umwelteinwirkungen hervorzurufen oder in anderer Weise die Allgemeinheit oder die Nachbarschaft zu gefährden, erheblich zu benachteiligen oder erheblich zu belästigen, sowie von ortsfesten Abfallentsorgungsanlagen zur Lagerung oder Behandlung von Abfällen bedürfen einer Genehmigung.

Satz 3:

Die Bundesregierung bestimmt nach Anhörung der beteiligten Kreise (§ 51) durch Rechtsverordnung mit Zustimmung des Bundesrates die Anlagen, die einer Genehmigung bedürfen (genehmigungsbedürftige Anlagen).

## 1.1.2 Anhang 1 zur 4. BImSchV

Die Bundesregierung hat in der Vierten Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetzes (4. BImSchV) Regelungen getroffen, wann Anlagen genehmigungsbedürftig im Sinne des BImSchG sind. Dazu enthält die 4. BImSchV eine Anlage 1 in der alle genehmigungsbedürftigen Anlagen aufgeführt sind. Dabei bestimmt die Anlage 1 nicht nur die Genehmigungsbedürftigkeit, sondern legt auch fest, ob dem Anforderungskatalog des § 10 BImSchG entsprochen werden und die Öffentlichkeit im Rahmen des Verfahrens beteiligt werden muss (gekennzeichnet mit „G“) oder das vereinfachte Verfahren nach § 19 BImSchG durchlaufen werden kann (gekennzeichnet mit „V“).

### Ausschnitt aus Anlage 1 der 4. BImSchV

8.	Verwertung und Beseitigung von Abfällen und sonstigen Stoffen	
8.1	Anlagen zur Beseitigung oder Verwertung fester, flüssiger oder in Behältern gefasster gasförmiger Abfälle, Deponiegas oder anderer gasförmiger Stoffe mit brennbaren Bestandteilen durch	
8.1.1	thermische Verfahren, insbesondere Entgasung, Plasmaverfahren, Pyrolyse, Vergasung, Verbrennung oder eine Kombination dieser Verfahren mit einer Durchsatzkapazität von	
8.1.1.1	10 Tonnen gefährlichen Abfällen oder mehr je Tag,	<b>G</b>
8.1.1.2	weniger als 10 Tonnen gefährlichen Abfällen je Tag,	<b>G</b>
8.1.1.3	3 Tonnen nicht gefährlichen Abfällen oder mehr je Stunde,	<b>G</b>
8.1.1.4	weniger als 3 Tonnen nicht gefährlichen Abfällen je Stunde, ausgenommen die Verbrennung von Altholz der Altholzkategorie A I und A II nach der Altholzverordnung vom 15. August 2002 (BGBl. I S. 3302), die zuletzt durch Artikel 6 der Verordnung vom 2. Dezember 2016 (BGBl. I S. 2770) geändert worden ist,	<b>V</b>
8.1.1.5	weniger als 3 Tonne nicht gefährlichen Abfällen je Stunde, soweit ausschließlich Altholz der Altholzkategorie A I und A II nach der Altholzverordnung verbrannt wird und die Feuerungswärmeleistung 1 Megawatt oder mehr beträgt,	<b>V</b>

Die 4. BImSchV erfasst die Pyrolyse unter Ziffer 8.1.1 und differenziert die Anforderungen an die Genehmigung nach der Verarbeitungskapazität der Pyrolyseanlage. Sofern die Anlage weniger als 3 Tonnen nicht gefährlichen Abfall pro Stunde pyrolysieren kann, muss nur ein vereinfachtes Verfahren nach § 19 BImSchG ohne Öffentlichkeitsbeteiligung durchgeführt werden.

Die 4. BImSchV differenziert nicht nur nach Verfahrensart, sondern auch nach verarbeiteten Eingangsstoffen, sodass je nach Verarbeitungskapazität auch Anlagen zur Verwertung von Tierkörpern oder tierischen Abfällen gem. Anlage 1 Nr. 7.12.1 der 4. BImSchV und Anlagen zur Herstellung von Düngemitteln aus tierischen Nebenprodukten gem. Anlage 1 Nr. 7.9 der 4. BImSchG dem kompletten oder vereinfachten Genehmigungsverfahren nach dem BImSchG unterworfen werden.

### Ausschnitt aus Anlage 1 der 4. BImSchV

7.9	Anlagen zur Herstellung von Futter- oder Düngemitteln oder technischen Fetten aus den Schlachtnebenprodukten Knochen, Tierhaare, Federn, Hörner, Klauen oder Blut, soweit nicht durch Nummer 9.11 erfasst, mit einer Produktionskapazität von	
7.9.1	75 Tonnen oder mehr Fertigerzeugnissen je Tag,	<b>G</b>
7.9.2	weniger als 75 Tonnen Fertigerzeugnissen je Tag;	<b>G</b>

### Ausschnitt aus Anlage 1 der 4. BImSchV

7.12	Anlagen zur	
7.12.1	Beseitigung oder Verwertung von Tierkörpern oder tierischen Abfällen mit einer Verarbeitungskapazität von	
7.12.1.1	10 Tonnen oder mehr je Tag,	<b>G</b>
7.12.1.2	50 Kilogramm je Stunde bis weniger als 10 Tonnen je Tag,	<b>G</b>
7.12.1.3	weniger als 50 Kilogramm je Stunde und weniger als 50 Kilogramm je Charge,	<b>V</b>

### 1.1.3 Vorgaben der 17. BImSchV

Je nach Ausgangsmaterial muss auch die 17. Bundesimmissionsschutzverordnung (17. BImSchV) angewendet werden. Die 17. BImSchV gilt für die Errichtung, die Beschaffenheit und den Betrieb von Abfallverbrennungs- und Abfallmitverbrennungsanlagen, die nach § 4 des BImSchG in Verbindung mit der in Nummer 2 genannten Verordnung genehmigungsbedürftig sind und in denen folgende Abfälle und Stoffe eingesetzt werden:

1. feste, flüssige oder in Behältern gefasste gasförmige Abfälle oder

2. ähnliche feste oder flüssige brennbare Stoffe, die nicht in den Nummern 1.2.1, 1.2.2 oder Nummer 1.2.3 des Anhangs 1 der Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen vom 2. Mai 2013 (BGBl. I S. 973) aufgeführt sind, ausgenommen ähnliche flüssige brennbare Stoffe, soweit bei ihrer Verbrennung keine anderen oder keine höheren Emissionen als bei der Verbrennung von leichtem Heizöl auftreten können, oder

3. feste, flüssige oder gasförmige Stoffe, die bei der Pyrolyse oder Vergasung von Abfällen entstehen.

Folglich sind nach Nr. 3 auch feste, flüssige oder gasförmige Stoffe aus der Pyrolyse von Abfällen der 17. BImSchV unterworfen.

### 1.1.4 Abfallbegriff

Auch der Begriff Abfall ist in der 17. BImSchV definiert. Demnach bezeichnet Abfall alle Stoffe oder Gegenstände, die nach den Bestimmungen des Kreislaufwirtschaftsgesetzes, als Abfälle bezeichnet werden.

### 1.1.5 Abfall im Sinne des Kreislaufwirtschaftsgesetzes

Die Definition des Kreislaufwirtschaftsgesetzes (KrWG) ist sehr weit gefasst. Zum einen umfasst der Begriff Abfall alle Stoffe und Gegenstände, derer sich ihr Besitzer entledigt, entledigen will oder entledigen muss. Abfälle zur Verwertung sind Abfälle, die verwertet werden; Abfälle, die nicht verwertet werden, sind Abfälle zur Beseitigung nach § 3 Abs. 1 KrWG. Weitergehend umfasst die Entledigung von Abfall, wenn der Besitzer Stoffe oder Gegenstände einer Verwertung im Sinne der Anlage 2 oder einer Beseitigung im Sinne der Anlage 1 zuführt oder die tatsächliche Sachherrschaft über sie unter Wegfall jeder weiteren Zweckbestimmung aufgibt.

Der Wille zur Entledigung liegt nach § 3 Abs. 3 KrWG bei Stoffen und Gegenständen dann vor, wenn (1) diese bei der Energieumwandlung, Herstellung, Behandlung oder Nutzung von Stoffen oder Erzeugnissen oder bei Dienstleistungen anfallen, ohne dass der Zweck der jeweiligen Handlung hierauf gerichtet ist, oder (2) deren ursprüngliche Zweckbestimmung entfällt oder aufgegeben wird, ohne dass ein neuer Verwendungszweck unmittelbar an deren Stelle tritt. Für die Beurteilung der Zweckbestimmung ist die Auffassung des Erzeugers oder Besitzers unter Berücksichtigung der Verkehrsanschauung zugrunde zu legen.

Die Unterscheidung zwischen Abfällen zur Verwertung und Abfällen zur Beseitigung ergibt sich aus der Unterscheidung nach der sogenannten Abfallhierarchie gemäß § 6 KrWG. Hiernach hat die Verwertung von Abfällen Vorrang gegenüber ihrer Beseitigung. Abfälle zur Beseitigung sind grundsätzlich dem öffentlichen Entsorgungsträger zu überlassen (Landmann/Rohmer, § 3 KrWG, Rn. 20). Außerdem muss eine Beseitigung nach den Grundsätzen der Nähe und Autarkie erfolgen gemäß Art. 16 Abs. 1, 3 AbfRRL (Abfallrahmenrichtlinie<sup>1</sup>). Bei Abfällen zur Verwertung gelten diese strengen Vorgaben nicht (Landmann/Rohmer, § 3 KrWG, Rn. 20).

Der Überlassungspflicht für Abfälle zur Beseitigung entgeht der Abfallbesitzer nur, wenn er substantiiert darlegen kann, dass eine konkrete Verwertungsmöglichkeit tatsächlich besteht und auch genutzt werden kann. Sollte diese substantiierte Darlegung nicht möglich sein, handelt es sich um Abfall zur Beseitigung (Landmann/Rohmer, § 3 KrWG, Rn. 20).

Abfälle sind nur dann als Abfälle zur Verwertung zu betrachten, sofern diese objektiv zur Verwertung geeignet sind und der/die Besitzer/in in rechtlicher, tatsächlicher, organisatorischer, finanzieller, personeller und unternehmerischer Hinsicht in der Lage ist, die Abfälle auch einer ordnungsgemäßen Verwertung zuzuführen<sup>2</sup> (Landmann/Rohmer, § 3 KrWG, Rn. 23).

Die Einordnung als Abfall spielt vor allem bei der Klärschlammpyrolyse eine wichtige Rolle. Die Prüfung, ob Pyrolyseanlagen zur Klärschlammverbrennung, die Vorgaben der 17. BImSchV einhalten müssen hängt damit auch von der rechtlichen,

---

<sup>1</sup> Richtlinie 2008/98/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 19. November 2008 über Abfälle und zur Aufhebung bestimmter Richtlinien.

<sup>2</sup> OVG Magdeburg Urt. v. 25.8.2011 – 2 L 34/10, Rn. 74.

tatsächlichen, organisatorischen, finanziellen, personellen und unternehmerischen Kapazität der Anlagenbetreiber bzw. Besitzer des Klärschlammes ab.

Weiter definiert das KrWG in § 3 KrWG sowohl gefährliche Abfälle, Siedlungsabfälle, Inertabfälle, Bioabfälle, Lebensmittelabfälle und Rezyklate.

### 1.1.6 Abfall(mit)verbrennungsanlage

In der 17. BImSchV sind die Begriffe Abfallmitverbrennungsanlage und Abfallverbrennungsanlage definiert. Nach § 2 Abs. 4 der 17. BImSchV ist eine Abfallmitverbrennungsanlage eine Feuerungsanlage, deren Hauptzweck in der Energiebereitstellung oder der Produktion stofflicher Erzeugnisse besteht und in der Abfälle oder Stoffe nach § 1 Abs. 1 entweder als regelmäßige oder zusätzliche Brennstoffe verwendet oder mit dem Ziel der Beseitigung thermisch behandelt werden.

Um eine Abfallverbrennungsanlage handelt es sich dagegen nach § 2 Abs. 5 der 17. BImSchV, wenn eine Feuerungsanlage vorliegt, deren Hauptzweck darin besteht, thermische Verfahren zur Behandlung von Abfällen oder Stoffen nach § 1 Abs. 1 zu verwenden. Diese Verfahren umfassen die Verbrennung durch Oxidation der genannten Stoffe und andere vergleichbare thermische Verfahren wie Pyrolyse, Vergasung oder Plasmaverfahren, soweit die bei den vorgenannten thermischen Verfahren aus Abfällen entstehenden festen, flüssigen oder gasförmigen Stoffe vollständig oder teilweise verbrannt werden. Folglich kann es sich bei einer Pyrolyseanlage auch um eine Abfallverbrennungsanlage oder eine Abfallmitverbrennungsanlage handeln.

### 1.1.7 Pflichten des BImSchG

Klargestellt wurde in der Rechtsprechung außerdem, dass die Pflichten des BImSchG und der 17. BImSchV grundsätzlich den Betreiber einer immissionsschutzrechtlichen genehmigungsbedürftigen Anlage treffen und nicht den Hersteller der Anlage.<sup>3</sup> Geklagt hatte ein Hersteller von Pyrolyseanlagen. Dieser wollte festgestellt wissen, ob die Anlagen, die er produziert, die Anforderungen der 17. BImSchV einhalten müssen. Der Hersteller der Anlagen hatte ein Verfahren zur Karbonisierung von Biomasse zu Pflanzenkohle bzw. Klärschlamm zu Phosphordünger entwickelt. Für diese Anlagen wurden bereits immissionsschutzrechtliche Genehmigungen in Deutschland erteilt.<sup>4</sup> Klargestellt hat das Verwaltungsgericht München, dass im Immissionsschutzrecht keine Negativ-Zeugnisse vorgesehen sind. Es kann also nicht die Erteilung eines Negativ-Bescheids verlangt werden, der feststellt, dass bestimmte Pyrolyseanlagen nicht dem Anwendungsbereich der 17. BImSchV unterliegen.<sup>5</sup>

---

<sup>3</sup> VG München Beschl. v. 21.5.2021 – M 28 E 20.1922, Rn. 15.

<sup>4</sup> VG München Beschl. v. 21.5.2021 – M 28 E 20.1922, Rn. 1.

<sup>5</sup> VG München Beschl. v. 21.5.2021 – M 28 E 20.1922, Rn. 15.

Daneben hat das Gericht auch entschieden, dass die Einstufung einer Anlage als Verbrennungsanlage oder als Mitverbrennungsanlage im Sinne der europäischen Abfallverbrennungs-Richtlinie nach ihrem Hauptzweck vorzunehmen ist.<sup>6</sup>

Außerdem könne nicht im Nachhinein indirekt überprüft werden, ob die bereits ergangenen Genehmigungen rechtmäßig erteilt worden seien. Diese nachträgliche indirekte Überprüfung der Rechtmäßigkeit von gegenüber Anlagenbetreibern ergangenen Genehmigungsbescheiden im Rahmen einer allgemeinen Feststellungsklage, die von einem nicht am Verfahren beteiligten Dritten erhoben wird, sehe das Bundesgesetz zur Regelung der deutschen Verwaltungsgerichtsbarkeit (Verwaltungsgerichtsordnung, kurz: VwGO) nicht vor.<sup>7</sup>

### 1.1.8 Zusammenfassung

Die Regelungen für die Genehmigung von Pyrolyseanlagen finden sich im Bundesimmissionsschutzgesetz und den Bundesimmissionsschutzverordnungen. Ob im Ergebnis die 17. BImSchV anwendbar ist, ist nach dem eingesetzten zu pyrolysierenden Stoffen zu bestimmen und muss im Einzelfall entschieden werden.

## 1.2 UVPG

Die Umweltverträglichkeitsprüfung ist nach § 4 des Gesetzes über die Umweltverträglichkeit (UVPG) ein unselbstständiger Teil eines verwaltungsbehördlichen Verfahrens. Die Umweltverträglichkeitsprüfung ermittelt, beschreibt und bewertet die erheblichen Umweltauswirkungen bei Realisierung eines Vorhabens. Die Prüfung ist vor der Genehmigungsentscheidung durchzuführen und bereitet diese in Umweltgesichtspunkten vor (Schink et. al., 2023, § 4 UVPG Rn. 3).

Festgestellt wird die UVP-Pflicht nach den Anforderungen aus § 5 UVPG. Dabei stellt die zuständige Behörde auf Grundlage der Angaben des Vorhabenträgers und eigener Informationen fest, ob für das jeweilige Vorhaben eine Pflicht zur Durchführung einer Umweltverträglichkeitsprüfung besteht oder nicht gemäß § 5 Abs. 1 S. 1 UVPG.

In Anlage 1 zum UVPG sind die Vorhaben aufgeführt, für die eine Umweltverträglichkeitsprüfung durchzuführen ist.

---

<sup>6</sup> VG München Beschl. v. 21.5.2021 – M 28 E 20.1922, Rn. 21.

<sup>7</sup> VG München Beschl. v. 21.5.2021 – M 28 E 20.1922, Rn. 23.



## Ausschnitt aus Anlage 1 zum UVPG

8.	Verwertung und Beseitigung von Abfällen und sonstigen Stoffen:		
8.1.	Errichtung und Betrieb einer Anlage zur Beseitigung oder Verwertung fester, flüssiger oder in Behältern gefasster gasförmiger Abfälle, Deponiegas oder anderer gasförmiger Stoffe mit brennbaren Bestandteilen durch		
8.1.1	thermische Verfahren, insbesondere Entgasung, Plasmaverfahren, Pyrolyse, Vergasung, Verbrennung oder eine Kombination dieser Verfahren		
8.1.1.1	bei gefährlichen Abfällen,	<b>x</b>	
8.1.1.2	bei nicht gefährlichen Abfällen mit einer Durchsatzkapazität von 3 t Abfällen oder mehr je Stunde,	<b>x</b>	
8.1.1.3	bei nicht gefährlichen Abfällen mit einer Durchsatzkapazität von weniger als 3 t Abfällen je Stunde,		<b>A</b>

### Legende

Nr.	Nummer des Vorhabens
Vorhaben	Art des Vorhabens mit ggf. Größen- oder Leistungswerten nach § 6 Satz 2 sowie Prüfwerten für Größe oder Leistung nach § 7 Absatz 5 Satz 3
X in Spalte 1	Vorhaben ist UVP-pflichtig
A in Spalte 2	allgemeine Vorprüfung des Einzelfalls: siehe § 7 Absatz 1 Satz 1

Nur bei der Pyrolyse von gefährlichen Abfällen und bei der Pyrolyse von nicht gefährlichen Abfällen mit einer Durchsatzkapazität von 3 Tonnen Abfällen oder mehr je Stunde ist eine Umweltverträglichkeitsprüfung nach § 1 Abs. 1 Nr. 1 UVPG durchzuführen. Bei der Pyrolyse von nicht gefährlichen Abfällen mit einer Durchsatzkapazität von weniger als 3 Tonnen Abfällen je Stunde ist eine allgemeine Vorprüfung des Einzelfalls vorzunehmen nach § 7 Abs. 1 Satz 1 UVPG.

Die allgemeine Vorprüfung ist eine überschlägige Prüfung unter Berücksichtigung der in Anlage 3 zum UVPG aufgeführten Kriterien, auch „Screening“ genannt. Die allgemeine Vorprüfung kann ergeben, dass eine UVP-Pflicht besteht. Diese UVP-Pflicht besteht nach § 7 Abs. 1 S. 3 UVPG dann, wenn nach Einschätzung der zuständigen Behörde das Vorhaben erhebliche nachteilige Umweltauswirkungen haben kann, die nach § 25 Abs. 2 der Zulassungsentscheidung zu berücksichtigen wären. Die Vorprüfung dient dem Zweck zu überprüfen, ob im Einzelfall die Gefahr erheblicher Umwelteinwirkungen besteht. Die Vorprüfung ist Teil des Feststellungsverfahrens nach § 5 UVPG (Schink et. al., 2023, § 7 UVPG Rn. 1).

Nach dem Leitfaden<sup>8</sup> des Bundes und Literaturmeinungen (Beckmann, 2004, S. 795) besteht die Möglichkeit auf die Vorprüfung zu verzichten und direkt eine UVP-Vollprüfung durchzuführen. Diese Möglichkeit trägt dem Umstand Rechnung, dass es den beiden Verfahrensbeteiligten also der Behörde und dem Vorhabenträger sowohl Zeit, Geld und Nerven ersparen soll. Wenn beide frühzeitig zu dem Ergebnis gelangen, dass für das Vorhaben eine UVP-Pflicht besteht, muss folglich eine UVP-Vorprüfung nicht mehr durchgeführt werden (Schink et. al., 2023, § 7 UVPG Rn. 17).

### 1.3 Klärschlamm als Eingangsmaterial

Die rechtlichen Rahmenbedingungen lassen den Einsatz von Klärschlamm als Eingangsmaterial für die Pyrolyse und den späteren Einsatz dieser Pflanzenkohle aus Klärschlamm nicht zu. In der delegierten Verordnung der EU-Kommission vom 7. Juli 2021 (zur Aufnahme von durch Pyrolyse oder Vergasung gewonnenen Materialien in die Komponentenmaterialkategorie in EU-Düngeprodukten; AB-L 427 vom 30. November 2021) zur EU-Düngeprodukte-Verordnung 2019/1009 sind verkohlte pflanzliche Reststoffe als Ausgangsmaterialien für Düngeprodukte zwar genannt, jedoch sind solche aus der Pyrolyse von Klärschlamm ausdrücklich ausgenommen.

Der nationale wissenschaftliche Beirat für Düngungsfragen lehnte das Begehren auf düngemittelrechtliche Zulassung von Klärschlamm-Karbonisat ab.<sup>9</sup>

Auch das Verwaltungsgericht Koblenz hatte die Frage zu entscheiden, ob Klärschlamm-Karbonisat als Düngemittel in den Verkehr gebracht werden darf. Der Kläger - der Zweckverband Abwasserbeseitigung Linz-Unkel – argumentierte dahingehend, dass es in Schweden ohne Zulassung als Düngemittel in den Verkehr gebracht werden dürfe und aufgrund der gegenseitigen europäischen Anerkennung auch in Deutschland verkehrsfähig sein müsse.<sup>10</sup>

Das Gericht wies die Klage mit folgender Begründung ab. Die Abfallvermeidung müsse Vorrang haben (1), das Wohl der Allgemeinheit könne gegenüber der gegenseitigen europäischen Anerkennung nicht überwiegen (2), nach nationalem Recht fehle die Zulassung als Düngemittel (3) und überdies sei kein grenzüberschreitender Bezug/Anwendungsfall gegeben (4).<sup>11</sup>

---

<sup>8</sup> „Zur Anwendung des § 3c UVPG aF hat der Bund-Länder-Arbeitskreis UVP einen Leitfaden vom 14. 8. 2003 entwickelt, der auch zur Auslegung des § 7 noch teilweise herangezogen werden kann.“ so: (Schink et. al., 2023, § 7 UVPG Rn. 2).

<sup>9</sup> Kleine Anfrage des Abgeordneten Martin Brandl (CDU), Verwendung von Rückständen aus der Pyrolyse von Klärschlämmen, - Drucksache 18/7124 - vom 23.08.2023, S. 2.

<sup>10</sup> VG Koblenz, Urteil vom 25. 11.2021, 4 K 1093/20.KO, S. 4.

<sup>11</sup> Kleine Anfrage des Abgeordneten Martin Brandl (CDU), Verwendung von Rückständen aus der Pyrolyse von Klärschlämmen, - Drucksache 18/7124 - vom 23.08.2023, S. 2.

## 2. Verwendung von Pflanzenkohle

Pflanzenkohle hat viele denkbare Einsatzmöglichkeiten. Auf dem German Biochar Forum 2023 in Berlin wurden u.a. Einsatzmöglichkeiten in der Bauindustrie und als Beimischung zu Baustoffen aufgezeigt, sodass bereits in den Baumaterialien Pflanzenkohle beigemischt werden kann. Diese Speichermöglichkeiten stellen zwar keine dauerhafte Lösung dar, bieten jedoch Synergieeffekte und damit Möglichkeiten der temporären Speicherung von Pflanzenkohle und damit im Ergebnis Kohlenstoff. Dieses Einsatzfeld ist möglicherweise für qualitativ nicht hochwertige Pflanzenkohle geeignet. Ein anderes Einsatzfeld von Pflanzenkohle ist in der Landwirtschaft als Düngemittel und Bodenhilfsstoff. Daneben kann die Pflanzenkohle noch als Negativemissionstechnologie ausgewiesen, eingesetzt und entsprechend vermarktet werden.

### 2.1 Düngemittel und Bodenhilfsstoff

Für ein gutes Wachstum braucht eine Pflanze neben ausreichend Sonnenlicht und Wasser sowohl Spurenelemente wie Kupfer und Zink, als auch Nährstoffe. Letztere sind zum Beispiel Stickstoff, Phosphat und Kalium. In der Landwirtschaft werden diese Nährstoffe als Dünger bezeichnet und auf die Felder aufgebracht, um das Pflanzenwachstum zu optimieren (Umweltbundesamt).

Unterschieden wird bei Düngern zwischen organischen und mineralischen Düngemitteln. Organische Düngemittel sind vor allem tierische Endprodukte wie Gülle, Jauche (Wirtschaftsdünger) und Stallmist. Daneben werden auch Gründünger zu den organischen Düngemitteln gezählt. Zu nennen sind dabei vor allem Mulch, kompostierter Bioabfall, Klärschlämme, Torf und Gärreste. Weiterhin sind synthetische Düngemittel gekennzeichnet durch die technische Aufbereitung von natürlichen Rohstoffen, die als Einzel- oder Mehrfachnährstoffdünger für den Einsatz auf dem Feld angeboten werden (Umweltbundesamt).

Pflanzenkohle an sich ist kein Düngemittel. Ein Düngemittel, wie oben erklärt, besteht aus Nährstoffen, die von Pflanzen aufgenommen und verwertet werden können. Pflanzenkohle besteht jedoch zu einem Großteil aus Kohlenstoff, das von Pflanzen weder verwendet noch aufgenommen werden kann. Erst wenn die Pflanzenkohle mit Nährstoffen aufgeladen wird, kann die aufgeladene Pflanzenkohle als Dünger auf landwirtschaftliche Felder aufgebracht werden. Unter idealen Bedingungen verändert sich das Kohlenstoffgerüst der Pflanzenkohle über sehr lange Zeit nicht im Boden.

#### 2.1.1 DüngG und DüMV

Rechtlich ist das Herstellen, Inverkehrbringen und die Anwendung von Düngemitteln auf landwirtschaftliche Böden im Düngengesetz (DüngG) und dazugehörigen Verordnungen reguliert. Dabei beschränkt sich das DüngG nicht nur auf die Regulierung von Düngemitteln sondern trifft auch Regelungen zu Bodenhilfsstoffen, Pflanzenhilfsmitteln und Kultursubstraten. Die Düngeverordnung (DüMV) definiert die Voraussetzungen für das Inverkehrbringen von Düngemitteln.

### 2.1.2 Vorgaben aus der Düngemittelverordnung

Die Düngemittelverordnung (DüMV) von 2012, die im Jahr 2019 zum letzten Mal geändert wurde, lässt aktuell Holzkohle mit einem Kohlenstoffgehalt von mindestens 80 % in der Trockenmasse aus chemisch unbehandeltem Holz als Ausgangsstoff für Kultursubstrate und als Trägersubstanz in Verbindung mit der Zugabe von Nährstoffen als Düngemittel zu. Eine konkretere Definition der Kohleprodukte wird nicht vorgenommen. Die DüMV schränkt damit den Einsatz von Pflanzenkohle als Trägersubstanz sehr stark ein, ungeachtet dessen, dass ein höherer Mineralstoffanteil (der z. B. in Pflanzenkohlen aus Stroh vorhanden ist) für eine Anwendung in der Landwirtschaft eher vorteilhaft wäre.

Die Ausgangsstoffe und das Endprodukt (z. B. Kultursubstrat aus/unter Verwendung von Holzkohle) müssen die Schadstoffgrenzwerte der DüMV einhalten (siehe DüMV Anlage 2 Tabelle 1.4). Diese Liste enthält allerdings keine Grenzwerte für PAK, ndl-PCB oder Maximalwerte für Chlor und bezüglich Schwermetalle teilweise weniger anspruchsvolle Grenzwerte als die EU-Verordnung.

### 2.1.3 Wissenschaftlicher Beirat

Wichtiges Gremium in der Beratung zu Düngemittelfragen ist der Wissenschaftliche Beirat nach § 10 DüngG. Durch Rechtsverordnung kann das zuständige Bundesministerium ohne Zustimmung des Bundesrates einen Wissenschaftlichen Beirat einsetzen, der das Bundesministerium in Düngungsfragen beraten soll. In dem Beirat sollen die Disziplinen Bodenkunde, Pflanzenernährung Pflanzenbau, Gewässerkunde, Toxikologie, Ökotoxikologie und Seuchenhygiene durch Wissenschaftler, die in diesen Gebieten tätig sind, vertreten sein. Von dieser gesetzlichen Möglichkeit wurde Gebrauch gemacht und ein Wissenschaftlicher Beirat ins Leben gerufen.

Der Wissenschaftliche Beirat hat sich zum Einsatz von Pflanzenkohle geäußert und empfiehlt eine Zulassung von weiteren Stoffen für die Herstellung von Bio-kohlen, neben der Zulassung von Kohlen aus chemisch unbehandeltem Holz nach der DüMV. Diese Empfehlung wurde jedoch nur unter der Bedingung ausgesprochen, dass die Herstellung von Pflanzenkohlen unter besonderer Berücksichtigung eventueller Schadstoffeinträge, Stickstoffverluste und Minderung der P-Verfügbarkeit infolge des Carbonisierungsprozesses sowie anderer Verwendungsmöglichkeiten (Nutzungskonkurrenzen der Biomasse) erfolgt (BMEL, 2023, S. 25).

In dem „Anhang zur Bewertung potenzieller Biomassen zur Herstellung von Pflanzenkohlen“ lehnt der Wissenschaftliche Beirat jedoch folgende Ausgangsmaterialien für die Herstellung von Pflanzenkohle ab: Stroh, krautige Erntereste vom Feld (Gemüse, Rübenblatt, etc.), Speisepilzsubstrate, Rechen- und Schwemmgut, Biotonne, Altpapier, Papierfaserschlämme, Klärschlämme, Altholz, Gärreste aus der Vergärung von Wirtschaftsdüngern und/oder Energiepflanzen, Gärreste aus der Vergärung anderer Reststoffe, aus Stallmist und Gülle. (BMEL, 2023, S. 35 -39).

Aktuell gibt es Bestrebungen das Düngegesetz zu reformieren. Bereits am 31.05.2023 hat das Bundeskabinett den Entwurf für die Anpassung des Düngegesetzes beschlossen. Im Mai 2024 konnten die Koalitionsfraktionen eine Einigung zu dem Gesetzesentwurf erzielen. Eine Verabschiedung des Gesetzes erfolgte am 6. Juni 2024 im Bundestag. Der Bundesrat jedoch, der dem Gesetz zustimmen hätte müssen, lehnte die Änderungen des Düngegesetzes ab und verweigerte seine Zustimmung am 5. Juli 2024. Über weitere Schritte wird noch beraten (BMEL, 2024).

#### 2.1.4 Europäische Harmonisierung

Die EU-Verordnung 2019/1009 zur Bereitstellung von Düngemitteln, die am 16. Juli 2022 in Kraft getreten ist, erweitert den Anwendungsbereich des EU-Düngerechts auf Bodenverbesserungsmittel, Kultursubstrate und Biostimulatoren.<sup>12</sup>

Seit dem neuen Düngemittelrecht sind Schadstoffgrenzwerte vor allem für Schwermetalle und Hygienebedingungen für einzelne Produkte geregelt worden. Wenn ein Produkt den Anforderungen der EU-Verordnung entspricht und das Konformitätsbewertungsverfahren durchlaufen hat, kann es mit einer CE-Kennzeichnung versehen und anschließend in der EU vermarktet werden (Nitsch, S. 39).

Das Joint Research Center (JRC), die gemeinsame Forschungsstelle der Europäischen Kommission, kam in seiner Bewertung von Pflanzenkohle zu dem Schluss, dass durch Pyrolyse hergestellte Materialien Pflanzen mit Nährstoffen, insbesondere Phosphor, versorgen oder die Nährstoffeffizienz verbessern können, was die agronomische Wirksamkeit sicherstellt (Huygens et al., 2019). Allgemein seien keine nachteiligen Auswirkungen auf die Umwelt oder die menschliche Gesundheit zu erwarten, sofern bestimmte Nutzungsvorschriften eingehalten werden. Am 7. Juli 2021 wurde eine delegierte Verordnung verabschiedet, die ab dem 16. Juli 2022 in Kraft trat und „durch Pyrolyse oder Vergasung gewonnene Materialien“ in die zugelassenen „Komponentenmaterialkategorien“ aufnimmt. Die erlaubten Ausgangsmaterialien umfassen eine breite Palette organischer Substanzen, jedoch sind Materialien aus gemischten Siedlungsabfällen, Klärschlämmen, Industrieschlämmen, Baggergut und bestimmten tierischen Nebenprodukten ausgeschlossen. Es gelten Anforderungen an den Herstellungsprozess sowie Grenzwerte für PAK, PCDD/F und nicht-dioxinähnliche polychlorierte Biphenyle (ndl-PCB). Für EU-Düngemittel, die Materialien aus Pyrolyse oder Vergasung enthalten, gelten zudem Maximalwerte für Chlorid und Thallium (Nitsch, S. 39).

Das Düngemittelrecht ist in Bezug auf Pflanzenkohle zwischen Deutschland und der EU (noch) nicht vollständig harmonisiert. Hersteller von Pflanzenkohle haben

---

<sup>12</sup> Verordnung (EU) 2019/1009 des europäischen Parlaments und des Rates vom 5. Juni 2019 mit Vorschriften für die Bereitstellung von EU-Düngeprodukten auf dem Markt und zur Änderung der Verordnungen (EG) Nr. 1069/2009 und (EG) Nr. 1107/2009 so-wie zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 2003/2003.

nun zwei Optionen, um ihre Produkte als Bodenverbesserungsmittel auf dem europäischen Markt anzubieten:

a) als EU-Düngeprodukte mit CE-Kennzeichnung gemäß der Verordnung (EU) 2019/1009 oder

b) als nach nationalem Recht hergestellte und zugelassene Düngemittel. In diesem Fall müssen die Vorgaben der Verordnung (EU) 2019/51534 zur gegenseitigen Anerkennung eingehalten werden, um die Produkte in einem anderen EU-Mitgliedstaat vermarkten zu können.

Seit Juli 2022 haben Pflanzenkohlehersteller somit die Möglichkeit, ihre Produkte als EU-Düngeprodukte gemäß der EU-Verordnung 2019/1009 zuzulassen und diese in der gesamten EU, einschließlich Deutschland, zu vertreiben. Durch diese Regelung hat sich die Bandbreite der zulässigen Ausgangsmaterialien für die Herstellung solcher Produkte erheblich erweitert (Nitsch, S. 40).

## 2.2 Pflanzenkohle als Negativemission

Ein Kernelement der Strategien in den nächsten Jahren den Wandel zur Klimaneutralität zu schaffen ist der Einsatz von negativen Emissionen (Gruner et. al. 2022, S. 18). Besondere Hoffnungen stecken in Verfahren zur Speicherung von gebundenem CO<sub>2</sub> in den oberen Schichten des Erdbodens (Gruner et. al. 2022, S. 18). Die oberen Schichten des Erdbodens umfassen die Biosphäre und die Pedosphäre (Gruner et. al. 2022, S. 18).

Mögliche Verfahren für die Speicherung von CO<sub>2</sub> und das Erreichen des 1,5 Grad Ziels ist die Auf- und Wiederaufforstung, die Anreicherung von Bodenkohlenstoff durch die Änderung landwirtschaftlicher Praktiken durch die Optimierung der Fruchtfolgen, das Anpflanzen von Bodendeckern, der Aufbau von Humus oder das Ausbringen von Pflanzenkohle auf landwirtschaftlich genutzten Böden (Gruner et. al. 2022, S. 19). Bei diesen landbasierten Optionen CO<sub>2</sub> dauerhaft aus der Atmosphäre zu entnehmen macht man sich die Photosynthese beim Pflanzenwachstum zu Nutze (Gruner et. al. 2022, S. 19).

Die oben genannten Verfahren sind umfangreich erprobt worden und sind für den Einsatz bereit. Unklar sind bisher jedoch die realisierbaren Potenziale und Kosten der einzelnen Entnahmefethoden. Bei der Kostenprognose muss ein Zeitraum bis weit über die Mitte des Jahrhunderts betrachtet werden (Gruner et. al. 2022, S. 19).

Berücksichtigt und einkalkuliert werden muss, dass keines der genannten Verfahren eine endliche Speicherung von CO<sub>2</sub> ermöglicht und die meisten Verfahren sehr anfällig sind für natürliche und anthropogene Störungen. Diese Störungen können verursacht werden durch Schädlinge, die das Pflanzenwachstum hemmen, Dürreperioden, Waldbrände oder sei es durch Menschen verursachte Rodungen. Folglich besteht bei allen genannten Methoden die Gefahr der Reversibilität der CO<sub>2</sub> Entnahme (Gruner et. al. 2022, S. 19).

Gerade der Humusaufbau oder der Einsatz von Pflanzenkohle erfordern ein andauerndes Management der landwirtschaftlich genutzten Flächen oder Wälder. Eine Änderung des Flächenmanagements kann zur schnellen Freisetzung von zuvor im Boden gespeicherten Kohlenstoffs führen, wenn beispielsweise von einer nachhaltigen Bewirtschaftung in eine konventionelle Landwirtschaft gewechselt wird (Gruner et. al. 2022, S. 20).

Nicht zu vergessen ist, dass der Boden nicht unendlich viel CO<sub>2</sub> aufnehmen kann. Dieser Sättigungseffekt verlangt es, dass bei einem flächendeckenden Einsatz von Pflanzenkohle ein großer Flächenbedarf besteht, um die notwendigen Mengen CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre zu entnehmen. Dies kann zu Flächennutzungskonkurrenzen und damit auch -konflikten führen (Gruner et. al. 2022, S. 20).

## 2.3 Rechtlicher Rahmen

Weder im europäischen noch im nationalen Recht wird Pflanzenkohle als Negativemissionstechnologie adressiert. Das heißt, dass die Klimawirksamkeit von Pflanzenkohle gesetzlich nicht berücksichtigt wird (IKEM, 2022, S. 52). Der derzeitige Rechtsrahmen ist daher nicht geeignet den Einsatz von Pflanzenkohle als Negativemissionstechnologie zu fördern (IKEM, 2022, S. 52).

Im nationalen Rahmen wird Pflanzenkohle lediglich als Holzkohle und damit als Ausgangsstoff für Kultursubstrate und als Trägersubstanz von Düngemitteln genannt. Die Einbringung von Pflanzenkohle unterliegt dabei den Anforderungen des BBodSchG und der BBodSchV (IKEM, 2022, S. 52).

Die Bewertung einer Negativemission erfolgt anhand von 4 Kriterien: Verifizierbarkeit, Permanenz, Additionalität und keine Verlagerung der CO<sub>2</sub> Emissionen (Maurer, 2021, S. 33).

### 2.3.1 Verifizierbarkeit

Es muss sowohl quantifizierbar als auch verifizierbar sein, wie viel reale Emissionen kompensiert werden (Maurer, 2021, S. 33). Das ist beim Einsatz von Pflanzenkohle grundsätzlich messbar.

### 2.3.2 Permanenz

Außerdem muss die Langfristigkeit der Senke gegeben sein (Permanenz). In der Literatur gibt es hierzu kritische Stimmen, die das Kriterium der Permanenz bei Pflanzenkohle als derzeit schwer erfüllbar ansehen, weil die Angaben zur Halbwertszeit bzw. Verweilzeit von Pflanzenkohle unklar seien (Maurer, 2021, S. 33).

### 2.3.3 Additionalität

Eine Senke muss außerdem zertifizierbar sein, um die Bedingung der Zusätzlichkeit zu erfüllen (Additionalität). Das setzt voraus, dass die Wirtschaftlichkeit der CO<sub>2</sub> Zertifizierung gegeben ist (Maurer, 2021, S. 34). Gerade die mittel- bis langfristige Prognose der Wirtschaftlichkeit der Pflanzenkohle ist schwierig und von vielen Faktoren abhängig. Vor allem lässt sich der Wert der Bodenfruchtbarkeit beim Einsatz von Pflanzenkohle nur schwer messen (Maurer, 2021, S. 34).

### 2.3.4 Keine Verlagerung der Emissionen

Außerdem darf keine Verlagerung von CO<sub>2</sub> Emissionen stattfinden. Es muss vermieden werden, dass die Auslagerung der in einem Projekt vermiedenen Emissionen in andere Länder oder das Auftreten von zusätzlichen Emissionen entlang der Wertschöpfungskette außerhalb der Systemgrenzen erfolgt. Im Falle des Bodens liegt das z.B. vor, wenn eine Senke auf Kosten einer anderen Senke realisiert wird, oder sogar zum Hervorrufen einer Quelle für Emissionen führt (Maurer, 2021, S. 34).

## 2.4 Fazit

Die rechtlichen Vorgaben aus dem BImSchG und den entsprechenden Verordnungen sind für das Pyrolyseverfahren bei der Herstellung von Pflanzenkohle kompliziert gestaltet. Je nach Eingangsmaterial sind unterschiedliche rechtliche Vorgaben zu erfüllen.

Auch der Einsatz der Pflanzenkohle hängt von den pyrolysierten Eingangsmaterialien ab. Der Wissenschaftliche Beirat stellt in seiner Empfehlung eine umfassende Liste mit Ausgangsstoffen für die Pyrolyse von Pflanzenkohle zusammen, die trotz bisherigen Gesetzesbestrebungen noch nicht Eingang in ein Gesetz gefunden haben.

Auch die Rechtsprechung ist beim Thema Einsatz von Klärschlamm als Ausgangsmaterial für die Pyrolyse und Einsatz als Pflanzenkohle zurückhaltend und verbietet den grenzüberschreitenden Bezug von Klärschlamm-Pyrolysat.

Trotz vielversprechender Forschung zum Thema Pflanzenkohle als Negative mission, besteht noch Uneinigkeit hinsichtlich der Langfristigkeit der Senke. Daher lässt sich feststellen, dass weder national noch auf europäischer Ebene gesetzliche Vorgaben für die Zertifizierung von Pflanzenkohle als Negative mission bestehen.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die rechtlichen Vorgaben für die Herstellung und den Einsatz von Pflanzenkohle uneinheitlich und umständlich geregelt sind. Trotz der Empfehlungen des Wissenschaftlichen Beirates kam es bisher nicht zu einer längst überfälligen gesetzlichen Anpassung und Vereinheitlichung der nationalen Normen an den europäischen Rahmen.



### 3. Literaturverzeichnis

- (Beckmann, 2004). Beckmann, M., Die allgemeine Vorprüfung zur Feststellung der UVP-Pflicht immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftiger Anlagen, DVBl 2004, 791 (795).
- (BMEL, 2023). Biokohle in der Pflanzenproduktion – Nutzen, Grenzen und Zielkonflikte, Standpunkt des Wissenschaftlichen Beirats für Düngefragen. [https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/\\_Ministerium/Beiraete/duengung/biokohle-pflanzenproduktion.html](https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/_Ministerium/Beiraete/duengung/biokohle-pflanzenproduktion.html)
- (BMEL, 2024). <https://www.bmel.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2024/067-duengegesetz.html> (zuletzt abgerufen am 19.11.2024).
- (Calvin et. al., 2023). Calvin, K., Dasgupta, D., Krinner, G., Mukherji, A., Thorne, P. W., Trisos, C., Romero, J., Aldunce, P., Barrett, K., Blanco, G., Cheung, W. W. L., Connors, S., Denton, F., Diongue-Niang, A., Dodman, D., Garschagen, M., eden, O., ayward, ., Jones, C., ... Péan, C. (2023). IPCC, 2023: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland. (First). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647>
- (Gruner et. al., 2022). Gruner, F., Fuss, S., Kalkuhl, M., Minx. J., Strefler, J., Merfort, A. (2022). Wie CO<sub>2</sub>-Entnahmen helfen können, die Klimaziele zu erreichen. KlimR 2022, 18.
- (Huygens et al., 2019). Huygens D., Saveyn H.G.M, Tonini D., Eder P. and Delgado Sancho L. (2019). Technical proposals for selected new fertilising materials under the Fertilising Products Regulation (Regulation (EU) 2019/1009) – Process and quality criteria, and assessment of environmental and market impacts for precipitated phosphate salts and derivates, thermal oxidation materials and derivates and pyrolysis and gasification materials, EUR 29841 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg. 476 Seiten. DOI: 10.2760/186684.
- (IKEM, 2022). IKEM, Analyse des rechtlichen Rahmens de lege lata für negative Emissionen, 2022. [https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/E/240226-eckpunktenegativemissionen.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=4](https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/E/240226-eckpunktenegativemissionen.pdf?__blob=publicationFile&v=4) (zuletzt aufgerufen am 19.11.2024).
- (Landmann/ Rohmer, 2024) Landmann/Rohmer UmweltR, 104. EL Juni 2024, KrWG, C. H. Beck Verlag 2024.
- (Lehmann & Joseph, 2015). Lehmann, J., & Joseph, S. (Hrsg.). (2015). Biochar for Environmental Management: Science, Technology and Implementation. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203762264>
- (Leopoldina) Erlach, Berit/ Fuss, Sabine/ Geden, Oliver/ Glotzbach, Ulrich/ Henning, Hans-Martin/ Pittel, Karen/ Renn, Jürgen/ Rens, Simona/ Sauer, Dirk Uwe/ Schmidt, Christoph M./ Spiecker genannt Döhmann, Indra/ Stemmler, Christoph/ Stephanos, Cyril/ Strefler, Jessica: „Was sind negative Emissionen, und warum brauchen wir sie? (Kurz erklärt!)“, Akademienprojekt „Energiesysteme der Zukunft“ (ESYS), 2022, [https://doi.org/10.48669/ESYS\\_2022-2](https://doi.org/10.48669/ESYS_2022-2)

(Maurer, 2021). Hans Maurer, Rechtlicher Umgang mit Pflanzenkohle, Gutachten im Auftrag des BAFU, 15.02.2021, S. 33.

(Nitsch, 2023). Nitsch, H., Einsatz von Pflanzenkohle in der Landwirtschaft: Chancen und Herausforderungen, Institut für Ländliche Strukturforchung, 2023.

(Rupp & Bluhm, 2023). Rupp, J, Bluhm, H, Pflanzenkohle, Kohlenstoffbindung, Bodenverbesserung und Energieversorgung zusammendenken, Was Akteure aus der Praxis bewegt, FYI, 2023.

(Schink et al., 2023) Schink/Reidt/Mitschang/Tepperwien, 2. Aufl. 2023, UVPG, C.H. Beck Verlag 2023.

(Umweltbundesamt) Umweltbundesamt, <https://www.umweltbundesamt.de/themen/landwirtschaft/umweltbelastungen-der-landwirtschaft/duengemittel#dungemittel-was-ist-das> (zuletzt aufgerufen am 20.09.2024).