

19. Kreislaufwirtschaft- und Deponieworkshop Zittau-Liberec 2023

21.-22. November 2023, Zittau



19. Workshop o oběhovém hospodářství a skládkování, Žitava-Liberec 2023

21.-22. listopadu 2023, Žitava

**19. Kreislaufwirtschaft-
und Deponieworkshop
Zittau-Liberec 2023**

**19. Workshop o oběhovém
hospodářství
a skládkování
Žitava-Liberec 2023**

21.-22. 9. 2023, Zittau / Žitava

Editor: Lukáš Zedek (Technická univerzita v Liberci)

Překlady provedl: Sven Dietrich

Sborník byl připraven s využitím typografického systému \LaTeX .

Inhaltsverzeichnis

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <i>Kreutzbruck, M.</i> Die Kunststoffbranche im Wandel zur Kreislaufwirtschaft | 7 |
| <i>Schnettler, H.</i> Herausforderungen beim HDPE-Flaschenrecycling für Körperpflegeprodukte | 9 |
| <i>Blömeke, S.</i> Potentiale und Herausforderungen einer zirkulärer Batterieproduktion | 11 |
| <i>Pasulka, M.</i> Gebündelte Erfassung mehrerer Abfallarten als eine der Möglichkeiten zur Erreichung der europäischen Ziele | 13 |
| <i>Kidszun, C.</i> Projektvorstellung RePhoR DreiSATS- Ergebnisse aus dem Versuchsbetrieb der Forschungsanlage zum P-Recycling mit dem Pontes Pabuli Verfahren | 21 |
| <i>Klepek Jonášová, S.</i> Modelle systemrelevanter Schritte zur Überwindung aktueller Hindernisse und Implementierung von Elementen der Kreislaufwirtschaft in der Textilindustrie der Tschechischen Republik | 27 |
| <i>Schaldach, K.; Herdegen, V.</i> Stoffliche Nutzungsmöglichkeiten von Bagasse und Reisstroh in Form von Adsorbentien, Bodenverbesserern und Erosionsschutzmatten | 37 |
| <i>Loosová, J.; Mokrá, J.</i> Behandlung der Abfälle aus Einrichtungen des Gesundheitswesens aus der Sicht des behördlichen Gesundheitsschutzes in Zusammenhang mit kommende Pflichten und Herausforderungen | 45 |
| <i>Al-Akel, S.</i> Die abfallarme Baustelle als Beitrag zur Erhöhung der Verwertungsquote von Abfällen gemäß der Ersatzbaustoffverordnung | 53 |
| <i>Dvořáková, P.</i> Kontrolltätigkeit der Tschechischen Umweltinspektion bei der Behandlung der Abfälle aus dem Gesundheitswesen | 55 |
| <i>Zentner, A.</i> Landesstrategie Kreislaufwirtschaft des Freistaates Sachsen - Motivation, Zielgestaltung | 61 |

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Egloffstein, T.; Burkhardt, G.</i> Kreislaufwirtschaft und der Schutz des Menschen und der Umwelt | 63 |
| <i>Lincke, M.; Kádzun, C.; Rangno, N.; Dornack, Ch.</i> Entwicklung von funktionalisierten Rekultivierungsmaterialien mit Hilfe von Klärschlammkomposten und Pilzmycel | 73 |
| <i>Zedek, L.; Šembera, J.; Žabka, J.</i> Vergleich der Abfallproduktion in den Gebieten der territorialen Verwaltung in der Tschechischen Republik in den Jahren 2019 bis 2021 | 81 |
| <i>Stock, U.</i> Stilllegung und Rekultivierung von Deponien mit geringen Gefährdungspotenzial im ländlichen Raum | 89 |
| <i>Frajová, J.; Šíma Kopková, A.</i> Abfallsortierung während COVID | 101 |

Obsah

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <i>Kreutzbruck, M.</i> Odvětví umělých hmot v proměně v cirkulární ekonomiku | 7 |
| <i>Schnettler, H.</i> Výzvy při recyklaci lahví z polyethylenu s vysokou hustotou (HDPE) | 9 |
| <i>Blömeke, S.</i> Potenciály a výzvy cirkulární produkce baterií | 11 |
| <i>Pasulka, M.</i> Multikomoditní sběr komunálního odpadu jako jedna z možností dosažení cílů v třídění a recyklaci odpadů | 13 |
| <i>Kidszun, C.</i> Představení projektu RePhorR DreiSATS - výsledky zkušebního provozu výzkumného zařízení pro recyklaci fosforu pomocí metody Pontes Pabuli | 21 |
| <i>Klepek Jonášová, S.</i> Modely systémových kroků pro překonání aktuálních bariér a implementaci prvků cirkulární ekonomiky v textilním průmyslu v ČR | 27 |
| <i>Schaldach, K.; Herdegen, V.</i> Možnosti látkového využití bagasy a rýžové slámy formou adsorbentů, přípravků pro zlepšování půd a protierozních rohoží | 37 |
| <i>Loosová, J.; Mokrý, J.</i> Nakládání s odpady ve zdravotnických zařízeních v ČR z pohledu orgánu ochrany veřejného zdraví v souvislostech s přicházejícími povinnostmi a výzvami | 45 |
| <i>Al-Akel, S.</i> Nízkoodpadové staveniště jako příspěvek ke zvýšení míry zhodnocování odpadů v souladu s nařízením o sekundárních stavebních hmotách | 53 |
| <i>Dvořáková, P.</i> Kontrolní činnost ČIŽP při nakládání se zdravotnickými odpady | 55 |
| <i>Zentner, A.</i> Zemská strategie cirkulární ekonomiky Svobodného státu Sasko - motivace, cíle, uspořádání | 61 |
| <i>Egloffstein, T.; Burkhardt, G.</i> Oběhové hospodářství, ochrana lidí a prostředí | 63 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Lincke, M.; Kidszun, C.; Rangno, N.; Dornack, Ch.</i> Vývoj funkčních rekultivačních materiálů pomocí kompostu z čistírenských kalů a mycelií hub | 73 |
| <i>Zedek, L.; Šembera, J.; Žabka, J.</i> Srovnání produkce odpadu v krajích ČR v letech 2019 až 2021 | 81 |
| <i>Stock, U.</i> Uzavírání a rekultivace skládek s nízkým potenciálem nebezpečí ve venkovských oblastech | 89 |
| <i>Frajová, J.; Šíma Kopková, A.</i> Třídění odpadů za COVIDu | 101 |

Die Kunststoffbranche im Wandel zur Kreislaufwirtschaft

Odvětví umělých hmot v proměně v cirkulární ekonomiku

Marc Kreutzbruck¹

Kurzfassung

Der kontinuierlich steigende antropogene CO₂ –Eintrag in die Atmosphäre während weniger Dekaden führt aufgrund des Treibhauseffektes weltweit zu signifikant steigenden Jahresdurchschnittstemperaturen. Die hierdurch hervorgerufenen Extremwetterereignisse in Form von z. B. Dürreperioden oder Starkregenereignissen veranlassen die Politik mittels Gesetzgebung einen weiteren Kohlenstoffeintrag zu unterbinden. Die Kunststoffindustrie entwickelt und verfolgt daher diverse Strategien weg von der linearen Wertschöpfungskette hin zu einer Kreislaufwirtschaft, bei der die Produktion aus fossilen Quellen und die energetische Verwertung verhindert werden kann.

Ziel ist es, den Kohlenstoff aus recycelten Produkten oder nachwachsenden Rohstoffen zu gewinnen. Dies beinhaltet erst einmal das auch im kleinen Maßstab umsetzbare mechanische Recycling, in dem nicht wieder verwendbare Kunststoffprodukte gesammelt, nach Kunststoffart sortiert, zerkleinert und wieder aufgeschmolzen werden, um dem neuen Produkt wieder seine Form zu geben.

Falls nach mehreren Produktzyklen die im Verarbeitungsprozess sich allmählich einstellende Werkstoffdegradation oder Verunreinigung nicht mehr kompensiert werden kann, wird im großindustriellen chemischen Recycling die Molekularkette komplett neu aufgebaut.

Neben den Abfallvermeidungsstrategien, wie der Wiederverwendung, der Reparatur und Aufbereitung, kann mittels dem werkstofflichen Recycling die Aufenthaltsdauer von Kunststoffen in der zyklischen Wertschöpfungskette deutlich erhöht werden. Der Vortrag beleuchtet anhand einer Reihe von Beispielen entlang des Recyclingkreislaufs die Herausforderungen hochwertige Rezyklate zu gewinnen, die auch wieder für technisch anspruchsvolle Anwendungen eingesetzt werden können.

Českou verzi abstraktu najdete na další stránce.

¹Universität Stuttgart, Institut für Kunststofftechnik, Stuttgart, Marc.Kreutzbruck@ikt.uni-stuttgart.de

Abstrakt

Neustále rostoucí imise CO₂ antropogenního původu do atmosféry během několika málo dekad vedou díky skleníkovému efektu celosvětově k významnému nárůstu roční průměrné teploty. Tímto vyvolané extrémní povětrnostní jevy ve formě například dlouhých období sucha nebo přívalem srážek vedou politiky k omezování dalších emisí uhlíku pomocí různých předpisů a pravidel. Průmysl umělých hmot se vyvíjí a sleduje proto různé strategie k opuštění lineárního hodnotového řetězce směrem k cirkulární ekonomice, v rámci které by bylo možno zabránit výrobě z fosilních zdrojů a energetickému zhodnocování.

Cílem je získat uhlík z recyklovaných nebo obnovitelných zdrojů zpět. To zahrnuje nejprve mechanickou recyklaci, proveditelnou i v malém měřítku, v rámci které dojde k vyseparování znovuvyžitelných produktů z umělých hmot podle druhu umělé hmoty, k jejich rozdrčení a roztavení, aby nový produkt získal opět svojí formu.

V případě, kdy po několika produktových cyklech v důsledku procesu zpracování postupně nastane degradace materiálu, nebo jeho znečištění, které již není možno dále kompenzovat, dojde v rámci průmyslové chemické recyklace ke zcela novému sestavení molekulárního řetězce.

Kromě strategií pro zamezování vzniku odpadů, jako je znovuvyužití, oprava nebo úprava materiálu, lze pomocí látkové recyklace výrazně zvýšit životnost umělých hmot v rámci cyklického hodnotového řetězce. Pomocí řady příkladů z celého recyklačního řetězce budou v přednášce osvětelné výzvy, spojené se získáváním vysoce kvalitních recyklátů, které je možno znovu využít i pro technicky náročné účely.

Herausforderungen beim HDPE-Flaschenrecycling für Körperpflegeprodukte

Výzvy při recyklaci lahví z polyethylenu s vysokou hustotou (HDPE)

Heinz Schnettler¹

Kurzfassung

Das Schließen des Kreislaufes für Kunststoffflaschen aus HDPE (Polyethylen hoher Dichte) ist technologisch eine große Herausforderung. Das vorgestellte Projekt stellt exemplarisch dar, wie Altflaschen für die Körperpflegeprodukte nahezu komplett wiederverwertet werden können.

In dem Pilotprojekt wurden bei der Drogeriemarktkette BUNDI für drei Monate gebrauchte Nivea HDPE Flaschen gesammelt. Der Altkunststoff wurde im Technikum der Pla.to GmbH in Görlitz zerkleinert, ohne Wassereinsatz vorgereinigt, heiß gewaschen, getrocknet und abschließend die Etiketten entfernt. In der nachfolgenden Sortierung mittels Nahinfrarot-Strahlung (NIR) wurden die Verschlüsse aus Polypropylen aussortiert. Schließlich fand eine Homogenisierung durch Compoundierung statt. Abschließend wurden insgesamt 17.000 qualitativ hochwertige Flaschen ohne Zugabe von Neuware hergestellt. Im Vortrag wird berichtet, wie das Problem der Schaumbildung gelöst wurde. Im Weiteren wird ein Verfahren der Klebstoff- und Etikettenentfernung vorgestellt.

Abstrakt

Uzavření koloběhu pro láhve z HDPE (polyetylen s vysokou hustotou) představuje z technologického hlediska významnou výzvu. V rámci prezentovaného projektu bude názorně představeno, jak mohou být staré nádoby na prostředky pro tělesnou hygienu znovu téměř zcela zhodnoceny.

V rámci pilotního projektu byly v prodejnách drogerie řetězce BUNDI po dobu tří měsíců sbírány použité HDPE nádoby na Niveu. Umělá hmota byla společností Pla.To GmbH s.r.o, ve Zhořelci (Görlitz) rozdrčena, předčištěna bez použití vody, omyta při vysokých teplotách, usušena a následně omyta horkou vodou. Na závěr byly odstraněny etikety. V rámci následného třídění pomocí infračerveného záření (NIR) byly vytříděny polypropylénové uzávěry. Následně byla pomocí kompondování provedena homogenizace a vyrobeno celkem 17 000 kvalitních lahví bez přidání nového materiálu. V přednášce bude popsáno řešení problému tvorby pěny. Dále bude představen postup pro odstraňování lepidel a etiket.

¹Pla.to GmbH, Heinz.Schnettler@plato-technology.de

Potentiale und Herausforderungen einer zirkulärer Batterieproduktion

Potenciály a výzvy cirkulární produkce baterií

Steffen Blömeke¹

Kurzfassung

Die Elektrifizierung findet aktuell in vielen Sektoren statt, wobei die Lithium-Ionen Batterie eine wichtige Rolle einnimmt. Insbesondere der Markt für Elektrofahrzeuge besitzt weltweit eine große Wachstumsrate mit einem resultierenden schnellen Aufbau an Produktionskapazitäten. Die in Elektrofahrzeugen verbauten Lithium-Ionen Batterien durchlaufen eine ressourcenintensive Produktion unter Nutzung einer Vielzahl kritischer Materialien wie Lithium, Kobalt und Graphit und erreichen nach aktuellen Erkenntnissen nach ca. 10-15 Jahren ihr Nutzungsende in mobilen Anwendungen. Um die wertvollen und kritischen Materialien einer erneuten Batterieproduktion zuzuführen, werden effiziente Recyclingsysteme benötigt. Das Recycling muss dabei einerseits die große Vielfalt sich auf dem Markt befindlicher Batterien hinsichtlich u.a. Zellchemie und Format behandeln können, als auch die enthaltenen Materialien bei möglichst geringem ökonomischem und ökologischem Aufwand in möglichst hoher Quantität und Qualität zurückgewinnen. Im Vortrag werden verschiedene technische, rechtliche und marktwirtschaftliche Aspekte des Batterierecyclings betrachtet und das Potential der erzeugten Sekundärmaterialien für eine nachhaltige und zirkuläre Batterieproduktion eingeordnet. Darüber hinaus werden Umweltrelevante Hotspots des Batterierecyclings werden aufgezeigt und Handlungsempfehlungen ausgesprochen.

Abstrakt

V mnoha sektorech probíhá v současné době elektrifikace. Důležitou roli přitom zaujímají lithium-iontové baterie. Velký růst zaznamenává především trh s elektromobily. Z toho vyplývá rychlý rozvoj výrobních kapacit. Výroba lithium-iontových baterií, používaných v elektromobilech, je náročná na zdroje a používá se k ní řada kritických materiálů, jako jsou lithium, kobalt a grafit. Podle aktuálních poznatků dosahují konec své životnosti v mobilních aplikacích po cca 10-15 letech. Aby bylo možno tyto cenné a kritické materiály znovu využít při výrobě baterií, jsou nutné efektivní systémy recyklace. Přitom je nutné, aby recyklační technologie dokázaly zpracovat velmi rozmanité baterie, které se na trhu vyskytují, a to nejen z hlediska chemických procesů v buňkách a formátu, ale aby dokázaly rovněž cenné materiály v nich obsažené získat zpět s co možná nejnižšími ekonomickými a ekologickými náklady při pokud možno vysoké kvantitě a kvalitě. V přednášce budou vyhodnoceny různé technické, správní a tržní aspekty recyklace baterií a zmíněn potenciál získaných sekundárních materiálů pro udržitelnou a cirkulární výrobu baterií. Kromě toho budou zmíněny ekologicky relevantní hotspots při recyklaci baterií a formulována doporučení.

¹TU Braunschweig, Institut für Partikeltechnik. Gruppenleiter „Kreislaufwirtschaft“
s.bloemeke@tu-braunschweig.de

Gebündelte Erfassung mehrerer Abfallarten als eine der Möglichkeiten zur Erreichung der europäischen Ziele

Multikomoditní sběr komunálního odpadu jako jedna z možností dosažení cílů v třídění a recyklaci odpadů

Michal Pasulka¹

Abstrakt

Nový zákon č. 541/2020 Sb. o odpadech v ČR reaguje na ambiciózní cíle stanovené EU v oblasti třídění a recyklace složek komunálního odpadu. Jedna z cest, jak stanovených cílů dosáhnout, je možnost zavedení multikomoditního soustředování odpadů v rámci obecního systému. Zákon tak umožňuje obcím společné soustředování odpadů plastů (lze i nápojové kartony), skla a kovů v různé kombinaci.

Presentace je věnována popisu možností pro obce v ČR a popisu prvních zkušeností se zavedením multikomoditního sběru recyklovatelných složek komunálního odpadu.

Kurzfassung

Das neue tschechische Gesetz Nr. 541/2020 Sb. GBl. über Abfälle reagiert auf die ehrgeizigen Ziele der EU, die für den Bereich der Sortierung und des Recyclens des Kommunalabfalls festgelegt worden. Eine der Möglichkeiten, wie diese festgelegten Ziele erreicht werden können, ist die Einführung einer gebündelten Erfassung von Abfällen im Rahmen des Systems einer Gemeinde. Das Gesetz ermöglicht somit den Gemeinden, gemeinsam Abfälle aus Plaste (auch Getränkekartons sind möglich), Glas und Metal in unterschiedlichen Kombinationen zu erfassen.

Die Präsentation beschäftigt sich mit der Darstellung der Möglichkeiten für die Gemeinden in der Tschechischen Republik sowie den ersten Erfahrungen mit der Einführung dieser Art der Erfassung von recycelbaren Bestandteilen des Kommunalabfalls.

1 Úvod

Nový zákon o odpadech účinný od 1. ledna 2021 (č. 541/2020 Sb.) v ČR reaguje na cíle stanovené směrnicí EU v oblasti recyklace a třídění složek komunálního odpadu, tím, že tyto cíle přijal a povinnosti s tím spojené zakomponoval do znění zákona (v paragrafu 59) a do souvisejících prováděcích předpisů.

Konkrétně je směrnicí EU stanoveno dosáhnout:

- v roce 2025 55%,
- v roce 2030 60%
- a v roce 2035 65% celkové recyklace komunálních odpadů

Protože z vytríděných složek komunálního odpadu samozřejmě nejde všechno použít k recyklaci, byla v zákoně o odpadech stanovena pro obec povinnost zajistit, aby odděleně soustředované recyklovatelné složky komunálního odpadu tvořili:

¹Česká inspekce životního prostředí, Oblastní inspektorát Liberec, Oddělení odpadového hospodářství, Třída 1. máje 858/26, 460 01 Liberec, michal.pasulka@cizp.cz

- v kalendářním roce 2025 a následujících letech alespoň 60%,
- v kalendářním roce 2030 a následujících alespoň 65%
- a v kalendářním roce 2035 a následujících alespoň 70% z celkového množství komunálních odpadů, kterých je obec v daném kalendářním roce původcem.

Obec je dále povinna určit místa pro oddělené soustředování komunálního odpadu, a to alespoň nebezpečného odpadu, papíru, plastů, skla, kovů, biologického odpadu, jedlých olejů a tuků a od 1. ledna 2025 rovněž textilu. Obec již není povinna odděleně soustřeďovat odpad plastů, skla a kovů, pokud tím nedojde s ohledem na další způsob nakládání s nimi k ohrožení možnosti provedení jejich recyklace.

Pro úplnost ještě uvádím i ostatní cíle stanovené směrnicí EU.

Cíl pro skládkování komunálních odpadů:

- od roku 2030 bude zákaz skládkování využitelných odpadů,
- od roku 2035 bude možnost skládkovat maximálně 10% z celkové hmotnosti komunálních odpadů.

Cíl pro energetické využívání komunálních odpadů:

- od roku 2035 nejvýše 25% z celkové hmotnosti komunálních odpadů.

2 Co je multikomoditní soustředování odpadů

Někdy se setkáte s pojmem multikomoditní, někdy s pojmem směsné sběry tříděného odpadu. V obou případech se jedná o jedno a to samé. Tedy o sběr více druhů odpadu do společné sběrné nádoby. Tento způsob sběru není a nebyl ničím neobvyklým již v mnoha obcích. Je využíván často z důvodu nedostatku místa v ulicích měst, ale i kvůli finančním úsporám. Rozhodně to ale neznamená, že do takového kontejneru se může vhodit cokoli anebo, že takto nashromážděný odpad už není dále využit.

3 Jak funguje multikomoditní sběr odpadu

Pravidla třídění se často v jednotlivých městech a obcích liší. Proto je potřeba sledovat a řídit se informacemi uvedenými na samolepkách na kontejnerech. Jaké odpady lze v daném místě třídít společně, je dáno především logistickými možnostmi místní svozové společnosti či technologickými možnostmi dané třídící linky kam se tento odpad odváží na dotřídění. Některé odpady se navíc hůře dotřídí nebo je zkrátka dotřídít vůbec nelze. V některých obcích je možné třídít odpady ve dvojkombinaci, trojkombinaci či výjimečně čtyřkombinaci sbíraných komodit. Kombinovaný sběr je vhodný zejména pro komodity, jako jsou nápojové kartony a plechovky, kterých je obecně v komunálním odpadu méně.

Pro představu, nejčastěji se můžete setkat s následujícími kombinacemi sběru:

- PAP + NK: papír a nápojové kartony.
- PAP + PL + NK + KOV: papír, spolu s plastem, nápojovými kartony a kovy.
- PL + NK: plast a nápojové kartony.
- PL + KOV: plast a kovy.
- PL + NK + KOV: plast, nápojové kartony a kovy.
- SKC + KOV: čiré sklo a kovy.

- SKS + KOV: směsné sklo a kovy.
- NK + KOV: nápojové kartony a kovy.

Takto soustředěný odpad se sváží na třídící linky, po svozu je na lince roztríděn a dotříděn na jednotlivé materiálové druhy odpadu. Následně je předán ke zpracování do specializovaných zařízení, kde je dále materiálově či jinak využit. Cílem je recyklace odpadu, který se k nám po zpracování vrátí v jiné podobě, například jako jiný nový výrobek, nebo jako součást nových výrobků.

4 Výhody multikomoditního sběru odpadů

Odpadové hospodářství je energeticky značně náročné. Obzvláště v malých obcích s nižší hustotou populace, kde se barevné kontejnery tak rychle nezaplňují, se často nevyplatí, umístit kontejner pro každý typ recyklovatelného odpadu zvlášť. Jinde může být limitem málo místa (např. stará centra v obcích a městech).

Jednou z možností, jak třídit odpad a současně šetřit náklady, je však právě multikomoditní, neboli kombinovaný sběr odpadu.

Tento systém vede prokazatelně k šetření místa a snížení nákladů na svoz odpadu.

Právě díky vícekomoditnímu sběru odpadu je možné například recyklovat ještě více kového odpadu než doposud a tím samozřejmě šetřit přírodní zdroje. Do kontejneru na kovy však rozhodně nepatří baterie, rtuťové teploměry nebo elektroodpad.

Příklad

Proč třídit hliník?

Na výrobu primárního hliníku je totiž potřeba o 95 % více energie. Recyklace 1 tuny hliníku ušetří zhruba 4 tuny bauxitu a 9 tun případných skleníkových plynů vypuštěných do ovzduší.

5 Město Dubá – zkušenosti s vícekomoditním sběrem odpadů (plast, nápojový karton, kov)

5.1 Představení města

Město se rozkládá na jižním cípu okresu Česká Lípa v Libereckém kraji a první dochovaná písemná zmínka o Dubé je z roku 1253. Jeho správní území čítá celkem 20 částí, z nichž jedna z osad (Bukovec) leží na hranici Libereckého, Ústeckého a Středočeského kraje. Rozloha území, které město spravuje, je 6.060 ha, trvale hlášených obyvatel má cca 1700 (z toho cca 1220 žije přímo v Dubé).

Město Dubá je držitelem mnoha ocenění za úspěchy dosažené v odpadovém hospodářství. Například v krajské soutěži Zlatá popelnice získala Dubá ve své kategorii v letech 2009 a 2011 1. místo a čtyři krát se umístila mezi finalisty. Pyšnit se může také získáním prvenství v množství odevzdaných elektrospotřebičů v letech 2018 – 2021.

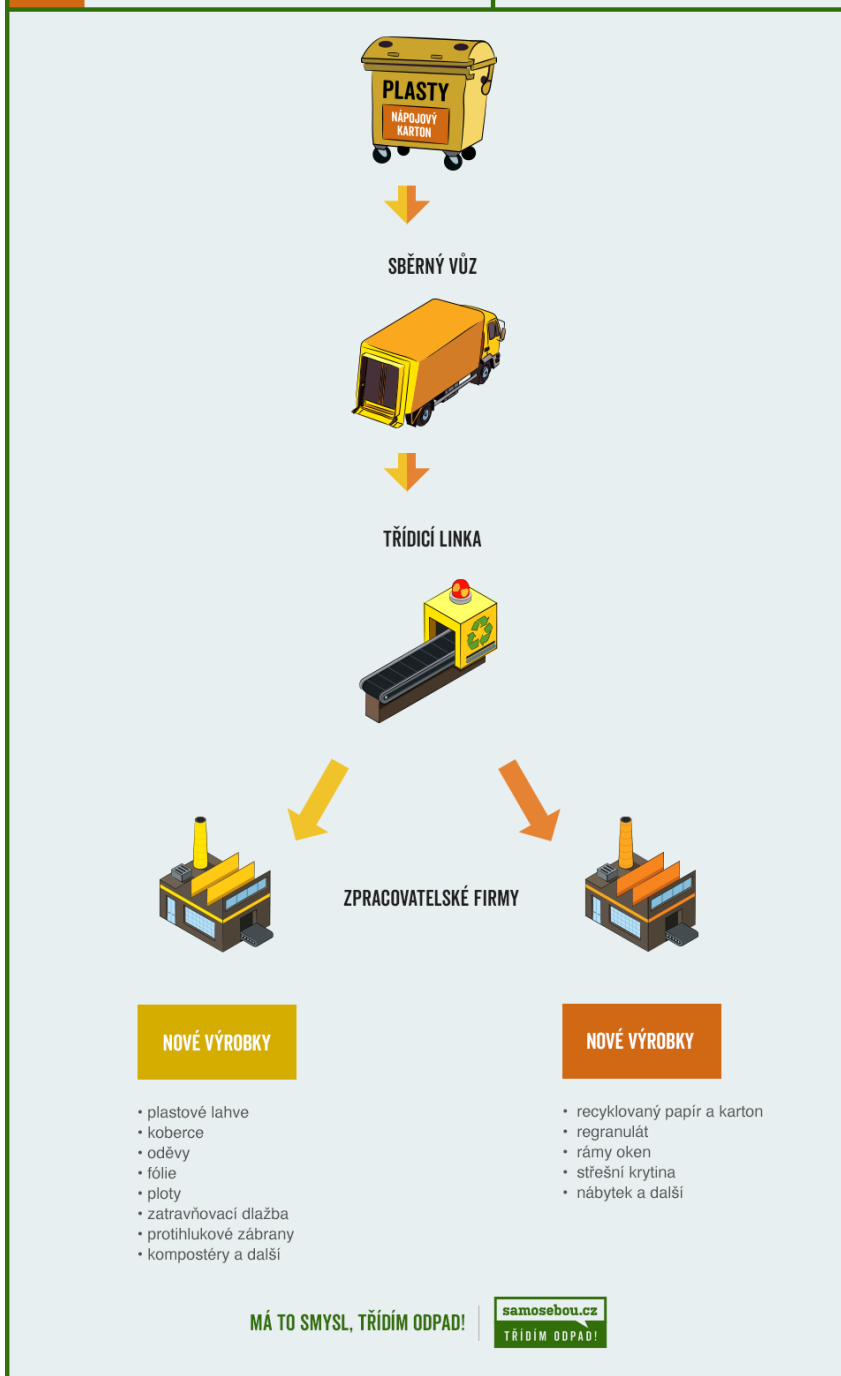
5.2 Původní podoba systému nakládání s odpady

Mnoho let činil poplatek za odpady 450 Kč na osobu, nebo rekreační objekt za rok. To se změnilo v roce 2022, kdy byl poplatek navýšen na 700 Kč.

Od samého počátku zavedení veřejné sítě separátních nádob (zvonů) v jednotlivých částech Dubé, měli občané možnost vhazovat do žlutých nádob na plasty také nápojové kartony. Tentýž systém byl od dubna 2021 zaveden i v rámci domovních popelnic na plasty, což lidé uvítali.

JAK MŮŽE VYPADAT MULTIKOMODITNÍ SBĚR 2 DRUHŮ ODPADU?

| | | |
|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| PLASTY | CO SEM PATŘÍ? <ul style="list-style-type: none"> • fólie, sáčky, plast. tašky • PET lahve • obaly od pracích nebo čistících přípravků • obaly od kosmetiky • kelímky od jogurtů, mléčných výrobků • balící fólie od spotř. zboží • obaly od CD • pěnový polystyren • další výrobky z plastů | CO SEM NEPATŘÍ? <ul style="list-style-type: none"> • mastné obaly se zbytky potravin a nápojů • obaly se zbytky čistících přípravků • obaly od žiravin, barev a jiných nebezp. látek • podlahové krytiny • novodurové trubky • molitan |
| NÁPOJOVÉ KARTONY | CO SEM PATŘÍ? <ul style="list-style-type: none"> • nápojové kartony od mléka, džusů, mléčných výrobků a dětských pitíček | CO SEM NEPATŘÍ? <ul style="list-style-type: none"> • cokoliv jiného |



Obrázek 1: Multikomoditní sběr.



Obrázek 2: Město Dubá.



Obrázek 3: Město Dubá (2016).

Město Dubá má na základě smlouvy se svozovou společností zajištěn odvoz všech odpadů do konce roku 2023 (vyjma papíru odevzdaného ve sběrném dvoře, který spolu s kovy předává město společnosti Kovošrot Group CZ).

Celkové náklady na likvidaci odpadů prostřednictvím svozové společnosti dosáhly v roce 2020 výše 3 787 763 korun. Od občanů bylo na poplatku za provoz systému shromažďování, sběru, přepravy, třídění, využívání a odstraňování komunálních odpadů vybráno v roce 2020 celkem 956 298 korun. Rozdíl mezi těmito dvěma částkami, tedy 2 831 465 korun doplácelo město svozové společnosti ze svého rozpočtu.

5.3 Dobrovolný svazek obcí

Vysoké náklady na provoz systému, ale také potíže s vykazováním množství vytríděných druhů odpadů, resp. potíže se zpětnou vazbou informací od svozové společnosti, vedlo město, společně s dalšími městy, k založení Dobrovolného svazku obcí EKOD. Svazek obcí založil vlastní svozovou společnost EKOD Servis s. r. o., který pro Dubou od dubna 2021 zajišťuje vývoz nádob na bioodpady a plasty formou DOOR TO DOOR. Postupně však převezme zajištění svozu všech odpadů z města a jeho částí. Zjednoduší se tak, ale samozřejmě se také zpřesní evidence vytríděných využitelných odpadů.

(Mimořadně, na systému evidence a vykazování vytríděných využitelných odpadů z vícekomoditního sběru odpadů, v současné době intenzivně pracují odborné poradenské společnosti a MŽP).

Město Dubá, po úvaze a konzultaci se svozovou společností EKOD Servis s. r. o. a se společností EKO-KOM a.s. v červnu roku 2021 vícekomoditní sběr do nádob na plasty rozšířilo ještě o lehké kovy. (kovy měli do té doby občané možnost odevzdávat pouze ve sběrném dvoře).

Tuto novou možnost město dalo na vědomí všem občanům rozsáhlou informační kampaní.

Odpady takto (multikomoditně) shromážděné se odváží k dotřídění na jednotlivé komodity (plast, nápojový karton, kov) do zařízení společnosti Tilia Mělník spol. s r.o.. Zpětnou vazbu, tj. informaci o množství jednotlivých komodit pro účely evidence a vykazování od zařízení dostává svozová společnost EKOD servis s.r.o. a následně město Dubá.



Obrázek 4: Kontejnerů s horním výsypem na plast/NK/kovy má město prozatím 6 a sváží se jednou za 4 týdny společností EKOD servis spolu s popelnicemi v rámci DOOR TO DOOR. AUTOR: Zuzana Martínková



Obrázek 5: Samotné popelnice zdobí samolepka jiná, na níž rovněž vypsané všechny komodity.

Po pomalém startu o počtu 149 nádob (240 l) a 5 kontejnerů na PL/NK/KOV město za 4. Q 2021 vykazalo 2,146 tuny plastu, 0,114 tuny NK a 0,046 tuny kovu.

V roce 2022 činilo celkové množství vytríděných plastů v popelnicích u domů a 6 kontejnerch 10,802 tuny, u NK to bylo 0,507 tuny a u kovů 0,119 tuny.

A např. ve 2. Q 2023 se při počtu 188 popelnic 240 l a 6 kontejnerů na PL/NK/KOV dostalo město už na 2,812 tuny plastu a dále 0,029 NK a 0,029 tuny kovu. Přitom množství NK a kovu se stanovuje koeficientem.

6 Závěr

Zavedení vícekomoditního sběru hodnotí město Dubá jako přínos, jednoznačně vedoucí k větší vytríděnosti využitelných odpadů. Náklady na odpadové hospodářství se přitom nijak nenavýšily.

Tříděním odpadu kompenzujeme náš konzumní způsob života a tento malý krok pro nás může znamenat velký přínos pro přírodu, za který nám budoucí generace bude vděčná.

Literatura

- [1] *Zákon č. 541/2020 Sb., o odpadech.*
- [2] *Metodický návod MŽP k plnění evidenčních a ohlašovacích povinností v případě multikomoditního soustředování odpadů v rámci obecního systému.*
- [3] *Odborný tisk – časopis ODPADY, Odpadové fórum.*
- [4] *Zkušenosti obcí presentované na Konferenci ODPADY a OBCE, červen 2023.*

Projektvorstellung RePhoR DreiSATS- Ergebnisse aus dem Versuchsbetrieb der Forschungsanlage zum P-Recycling mit dem Pontes Pabuli Verfahren

Představení projektu RePhorR DreiSATS - výsledky zkušebního provozu výzkumného zařízení pro recyklaci fosforu pomocí metody Pontes Pabuli

Claudyn Kidszun¹

Kurzfassung

Die Zielstellung des RePhoR DreiSATS Projektes ist die regionale und nachhaltige Verwertung der anfallenden kommunalen Klärschlämme, eine Schadstoffsенke sowie die Schließung der regionalen Nährstoffkreisläufe mit einem möglichst geringen Transportaufwand. Im Rahmen des Projektes erfolgt die Nutzbarmachung des Phosphors nach dem Pontes Pabuli – Verfahren. Dabei werden die Klärschlammaschen in gebrauchsfertige Düngemittel überführt und können so konventionelle Düngemittel in der Landwirtschaft ersetzen. Die Inbetriebnahme der Pontes Pabuli Versuchsanlage erfolgte am 28. März 2022 auf dem Gelände der Veolia Klärschlammverwertung Deutschland GmbH in Markranstädt. In der Projektarbeit wurden das Löse- und Reaktionsverhalten von ausgewählten Verbrennungsgaschen im technischen Maßstab untersucht und ein umfassendes Versuchsprogramm zur Untersuchung der Fest-/Flüssigtrennung durchgeführt. Als Mineralsäuren wurden Schwefelsäure und Salpetersäure eingesetzt. Es erfolgten systematische Untersuchungen zum Granulationsverhalten. Aus den Versuchen resultieren Erkenntnisse zur rezeptur- und produktspezifischen Prozessführung. Neben der Ermittlung der Phosphatlöslichkeit wurden Pflanzversuche beim Projektpartner Fraunhofer-IKTS durchgeführt. Es konnte eine deutliche Düngewirkung gegenüber der unbehandelten Asche festgestellt werden.

Abstrakt

Cílem projektu je regionální a udržitelné zhodnocení kalů z komunálních čistíren odpadních vod, snížení obsahu škodlivých látek a uzavření regionálních koloběhů živin s co nejnižšími nároky na přepravu. V rámci projektu je umožněno využití fosforu metodou Pontes Pabuli, kdy jsou čistírenské kaly upraveny na použitelná hnojiva, která mohou nahradit konvenční hnojiva v zemědělství. Zprovoznění zkušebního zařízení Pontes Pabuli proběhlo 28. března 2022 v areálu společnosti Veolia Klärschlammverwertung Deutschland GmbH s r.o. v Markranstädtu. V rámci řešení projektu byl v technickém měřítku sledován proces rozpouštění a reakcí vybraných popílků a realizován komplexní zkušební program pro výzkum separace pevných a kapalných látek. Jako anorganické kyseliny byly použity kyselina sírová a dusičná. Následoval systematický výzkum vlastností granulace. Z těchto zkoušek bylo možno získat poznatky k recepturám a specifickému řízení procesu. Kromě zjištění rozpustnosti fosforu byly partnerem projektu, ústavem Fraunhofer-IKTS, provedeny pokusy s rostlinami, na základě kterých bylo možno konstatovat výrazně vyšší hnojivý účinek v porovnání s neupravenými popílků.

¹Veolia Klärschlammverwertung Deutschland GmbH,
claudyn.kidszun@veolia.com

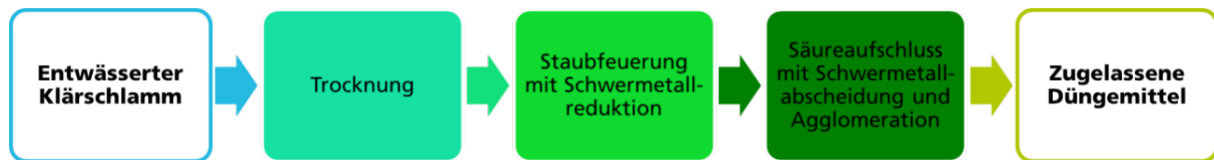


Abbildung 1: Technologiekette Klärschlammverwertung Region „Mitteldeutsches Dreiländereck“.

1 Gesetzliche Forderung zum P- Recycling aus Klärschlamm

In Deutschland soll der in kommunalen Klärschlämmen vorhandene Phosphor zukünftig gesetzlich verpflichtend zurückgewonnen werden. Zukunftssichere langfristig nutzbare Klärschlammverwertungsstrategien müssen die Umsetzung des vom Gesetzgeber geforderten P-Recycling gewährleisten und gleichzeitig eine maximale Entsorgungssicherheit bei größtmöglicher Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit gewährleisten. Klärschlämme aus kommunalen Abwasserbehandlungsanlagen ab einer Ausbaugröße von über 100.000 bzw. über 50.000 Einwohnerwerten (EW) müssen nach einer Übergangsfrist ab dem 1. Januar 2029 bzw. 2032 den Phosphor verpflichtend zurückgewinnen, wenn der Klärschlamm einen Phosphorgehalt von 20 g/kg Trockenrückstand (TR) oder mehr aufweist. Die Rückgewinnung kann aus dem Schlamm oder aus der Verbrennungsrückstand erfolgen, wobei aus Aschen mindestens 80 % des Phosphoranteils zurückgewonnen werden müssen.

Die Vorgaben der Klärschlammverordnung bzgl. der P-Rückgewinnungspflicht gelten nur für Schlämme aus Kläranlagen mit einer genehmigten Ausbaugröße von über 50.000 EW. Durch eine Vielzahl von neuen administrativen Vorgaben und Qualitätssicherungsanforderungen wird aber auch die landwirtschaftliche Verwertung von Schlämmen aus kleineren Kläranlagen zurückgehen.

2 Förderung von Forschungsprojekten zum P- Recycling

Derzeit finanziert das BMBF innerhalb der RePhoR-Fördermaßnahme 7 Verbundprojekte für den Aufbau eines nachhaltigen, regionalen P-Recyclings im Sinne der Kreislaufwirtschaft.

Das DreiSATS-Projekt ist eines davon. Das Ziel des Projektkoordinators Veolia Klärschlammverwertung Deutschland GmbH (VKD) und den Projektpartnern Carbotechnik GmbH, LTC Lufttechnik Crimmitschau GmbH, Pontes Pabuli GmbH sowie den Forschungseinrichtungen Fraunhofer-IKTS sowie MFPA Materialforschungs- und -Prüfanstalt an der Bauhaus-Universität Weimar ist die praxisnah-prototypische Erprobung und Demonstration einer innovativen, wirtschaftlich und technisch tragfähigen Prozesskette zur thermischen Klärschlammverwertung mit Phosphorrecycling und Produktverwertung für die Modellregion „Mitteldeutsches Dreiländereck“ Sachsen-Anhalt, Thüringen und Sachsen (Abbildung 1).

Im Rahmen des Projektes DreiSATS erfolgt die Nutzbarmachung des Phosphors nach dem Pontes Pabuli – Verfahren. Dabei werden die mittels Staubfeuerung erzeugten Aschen in gebrauchsfertige Düngemittel überführt und können so konventionelle Düngemittel in der Landwirtschaft ersetzen. Im Projekt soll im technisch relevanten Maßstab nachgewiesen werden, dass marktfähige Düngerprodukte aus kommunalen Klärschlämmen in gleichbleibend guter Qualität und Menge erzeugt und sowohl regional als auch ggf. überregional verwertet werden können. Anspruch der Konzeption sind die regionale und nachhaltige Verwertung der anfallenden kommunalen Klärschlämme, eine Schadstoffsinkstelle sowie die Schließung der regionalen Nährstoffkreisläufe mit einem möglichst geringen Transportaufwand.

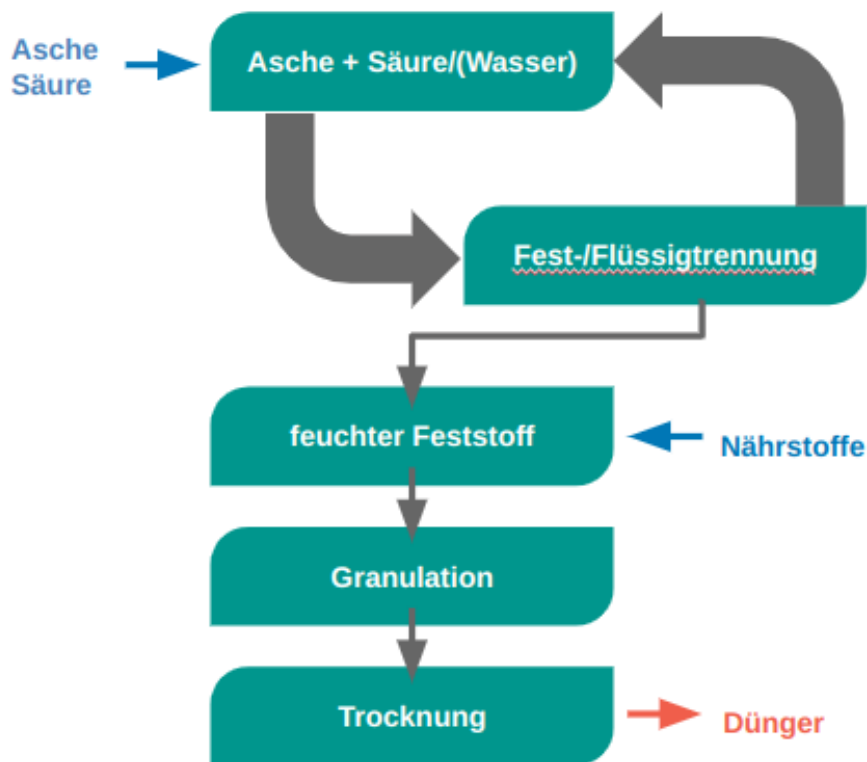


Abbildung 2: Verfahrensschema Pontes Pabuli.

3 Das Pontes Pabuli Verfahren

Im Pontes Pabuli – Verfahren werden phosphathaltige Aschen in hochwertige und standardisierte Düngergranulate überführt. Dazu muss das Phosphat in diesen Aschen zunächst pflanzenverfügbar gemacht werden. Hierzu erfolgt ein Säureaufschluss der Phosphate, ähnlich wie es bereits in der Düngemittelindustrie mit Rohphosphat praktiziert wird. Im ersten Schritt wird für diesen Zweck aus Asche, Wasser und Säure eine Suspension hergestellt (Abbildung 2). Nach einer entsprechenden Reaktionszeit wird eine mechanische (und damit besonders energiesparende) Fest-Flüssigtrennung durchgeführt. Häufig wird bei P-Recyclingverfahren Wasser thermisch abgetrennt. Die energieintensive, thermische Wasserabtrennung ist dabei um ein Vielfaches teurer. Auch elektrische Energie als weiterer Kostenfaktor wird sparsam im Verfahren eingesetzt, weil beispielsweise die Materialförderung nicht mit Druckluft, sondern mechanisch erfolgt, wodurch der energieintensiv zu reinigende Abluftstrom reduziert wird.

Die abgetrennte flüssige Phase wird im Kreislauf geführt, während der feuchte Feststoff zu hochwertigen Düngern weiterverarbeitet wird. Die Zusammensetzung der zu erzeugenden Dünger wird dabei durch eine exakte Zugabe weiterer Nährstoffkomponenten zielgenau eingestellt. Dabei richtet sich die Art und Menge der zusätzlichen Nährstoffe nach der Rezeptur des gewünschten Düngertyps. Das dabei erzeugte, optimal für den Nährstoffbedarf der Pflanzen eingestellte Gemisch wird anschließend granuliert und im letzten Schritt getrocknet. Als Produkt resultiert ein gebrauchsfertiger Dünger, der in der Qualität den heute in der Landwirtschaft eingesetzten Mineraldüngern entspricht.

Im Pontes Pabuli Verfahren ist es möglich, Schwermetalle selektiv aus der flüssigen Phase abzutrennen (Abbildung 3).

Die optionale Schwermetallabreicherung im Pontes Pabuli – Verfahren, bei Bedarf als Art Modul in den Prozess einbaubar, sichert zum einen die Einhaltung heutiger als auch zukünftiger gesetzlicher Vorgaben, zum anderen deckt sie die Anforderungen an die Nachhaltigkeit der Prozessführung ab. Der Umfang der Abreicherung kann dabei nach den Erfordernissen der



Abbildung 3: Optionale, selektive Schwermetallabscheidung im Pontes Pabuli Verfahren.

Schadstoffkonzentration und wirtschaftlicher Abwägung erfolgen. Das schafft die Sicherheit, gegebenenfalls auf zukünftige rechtliche Veränderungen oder steigende Anforderungen an die Reinheit der Produkte reagieren zu können. Außer den abgetrennten Schwermetallen fallen keine weiteren Abfallstoffe an.

4 Ergebnisse aus dem Versuchsbetrieb

Im Rahmen des Projektes DreiSATS sollte das Pontes Pabuli – Verfahren aus dem laborativen Maßstab in den technischen Maßstab überführt werden. Die Inbetriebnahme der Versuchsanlage erfolgte am 28. März 2022 auf dem Gelände der Veolia Klärschlammverwertung Deutschland GmbH in Markranstädt. Im Rahmen der Projektarbeit wurden das Löse- und Reaktionsverhalten von ausgewählten Verbrennungsaschen im technischen Maßstab untersucht und ein umfassendes Versuchsprogramm zur Untersuchung der Fest-/Flüssigtrennung durchgeführt. Die Versuchsmatrix umfasste variable Parameter bei der Suspensionsherstellung, wobei Versuchsaschen aus der Staubfeuerung sowie Aschen aus konventionellen Wirbelschichtverbrennungsanlagen zum Einsatz kamen. Als Mineralsäuren wurden Schwefelsäure und Salpetersäure eingesetzt. Als Ergebnis stehen Erkenntnisse zur rezeptur- und produktspezifischen Prozessführung zur Verfügung, die zum einen belastbare Aussagen zur Filterpresseneinstellung in den einzelnen Säuresystem zulassen; zum anderen resultieren Informationen zur Abtrennwirkung bei unterschiedlichen Prozessparametern.

Dabei wurden Restfeuchten zwischen 25-40 % je nach gewählten Einstellungen erreicht. Da im DreiSATS-Konzept die Staubfeuerungstechnologie ein zentrales Kernelement darstellt, wurden erste Versuchsaschen aus der Staubfeuerung in die Untersuchungen einbezogen. Die Versuchsaschen aus der Staubfeuerung wiesen zum Teil abweichende Reaktionseigenschaften zu Aschen aus der konventionelle Wirbelschichtmonoverbrennung auf. Diese resultieren aus den unterschiedlichen Eigenschaften wie Korngröße, Kristallinität, Phasenzusammensetzung und chemische Zusammensetzung und wirken sich beispielsweise positiv auf das Löseverhalten von Phosphat und den relevanten Schwermetallen aus. Durch die Löseversuche konnte eine Parametermatrix zu den Reaktionsverhalten für unterschiedliche Säuren erstellt und die Unterschiede zu konventionellen Wirbelschichtaschen ermittelt werden. Im Ergebnis dieser bisher durchgeführten Versuche liegen nun fundierte Kenntnisse zum Löseverhalten der



Abbildung 4: Beispiel eines erzeugten Granulats.

Modellasche aus der Staubfeuerung vor. Dadurch ist es möglich, gezielt die Löseparameter so auszuwählen, so dass das Phosphat weitgehend vollständig und die relevanten Schwermetalle im erforderlichen Maße in Lösung übergehen. Dies stellt die Voraussetzung für die nachfolgende Schwermetallabreicherung dar.

Ebenso erfolgten systematische Untersuchungen zum Granulationsverhalten. Untersucht wurden dabei unterschiedlicher Filterkuchen aus der Fest-/Flüssigtrennung bei variierten Granulationsparametern wie Neigungswinkel, Drehgeschwindigkeit und Granulierzeit. Nachgewiesen werden konnte, dass am Granulierteller ausreichend runde und stabile Granulatkugeln erzeugt werden können (Abbildung 4). Die Korngröße der eingesetzten Gemische wirkt sich dabei signifikant auf die Kornform und das Bindeverhalten aus. Aus den Versuchen resultieren Erkenntnisse zur rezeptur- und produktspezifischen Prozessführung.

Durch den Säureaufschluss wird das weitgehend unlösliche, nicht-pflanzenverfügbare Phosphat in der Klärschlammasche aufgeschlossen. Die Löslichkeit des Phosphates gilt dabei als Indikator für die Düngewirkung. Während die eingesetzten Aschen eine Neutral-Ammoniumcitratlöslichkeit von 40-45 % aufwiesen, kann bei den erzeugten Filterkuchen mit ermittelten mehr als 90 % Neutral-Ammoniumcitratlöslichkeit von einer sehr guten Nährstoffverfügbarkeit als erste Indikation ausgegangen werden. Neben der Ermittlung der Phosphatlöslichkeit wurden Pflanzversuche beim Projektpartner Fraunhofer-IKTS durchgeführt. Für die Pflanzversuche wurde ein kommerziell erhältliches, phosphatarms Bodensubstrat eingesetzt. In den bereits abgeschlossenen Versuchen wurde die Luzerne als Referenz-Nutzpflanze bestimmt. Das Wachstum in standardisierten Versuchstöpfen wurde unter identischen Versuchsbedingungen in einem Klimaschrank unter Tageslichtsimulation beobachtet. Es konnte eine deutliche Düngewirkung



Abbildung 5: Durchführung von Pflanzversuchen zur Qualitätssicherung im Gewächshaus der VKD.

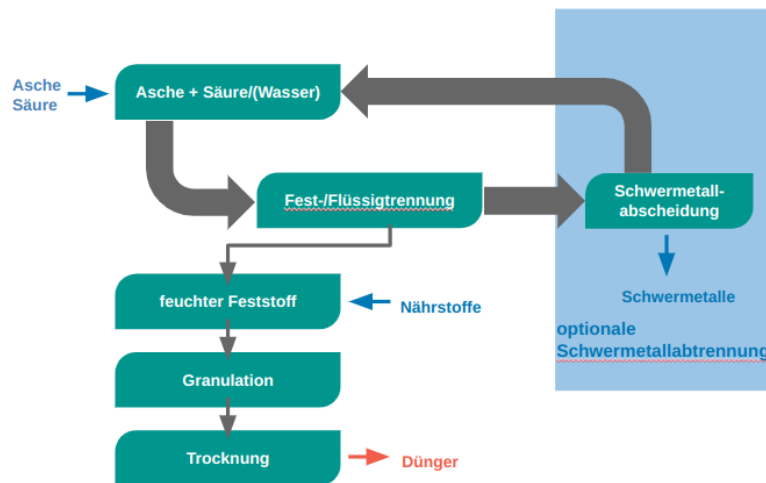


Abbildung 6: Freilandversuchsflächen der VKD zur Testung der Granulate unter Realbedingungen.

gegenüber der unbehandelten Asche, bei der das Phosphat nicht aufgeschlossen wurde, festgestellt werden. Weitere Pflanzversuche sind am Fraunhofer IKTS sowie im Gewächshaus und auf den Freilandversuchsflächen von Veolia geplant (Abbildung 5, Abbildung 6).

Modelle systemrelevanter Schritte zur Überwindung aktueller Hindernisse und Implementierung von Elementen der Kreislaufwirtschaft in der Textilindustrie der Tschechischen Republik

Modely systémových kroků pro překonání aktuálních bariér a implementaci prvků cirkulární ekonomiky v textilním průmyslu v ČR

Soňa Klepek Jonášová¹

Abstrakt

Výzkum mapování bariér v cirkulární ekonomice v textilním průmyslu v ČR poukázal jak na nízkou informovanost klíčových aktérů, tak na slabou spolupráci při naplňování závazných cílů Strategie pro udržitelný a cirkulární textil. Přitom se ukazuje, že již existují modely a praktické modely implementace cirkularity do praxe díky systémům společných dohod a závazků aktérů v jednotlivých sektorech (např. v Holandsku), které vedou k výsledkům jak na úrovni jednotlivců, tak celého systému. Příspěvek představí aktuální výsledky replikace ověřené zahraniční praxe v oblasti společných závazků a společného postupu aktérů napříč celým řetězcem od výrobců po spotřebitele vznikajících na platformě Českého cirkulárního hotspotu se zaměřením na textilní sektor.

Kurzfassung

Die Untersuchung von Barrieren in der Kreislaufwirtschaft in der Textilindustrie in der Tschechischen Republik zeigte einen geringen Informationsstand der Schlüsselakteure, sowie eine schwache Zusammenarbeit bei der Erreichung der, in der Strategie für einen nachhaltigen und Kreislauffestgelegten verbindlichen Ziele auf. Dabei stellt sich heraus, dass es Modelle sowie praktische Modelle der Implementierung des Kreislaufgedankens in die Praxis mit Hilfe eines Systems von gemeinsamen Vereinbarungen und Verpflichtungen der einzelnen Akteure in den einzelnen Bereichen bereits gibt (zum Beispiel in Holland). Diese Systeme führen zu Ergebnissen nicht nur auf Ebene der Einzelpersonen, sondern des gesamten Systems. In dem Vortrag werden aktuelle Ergebnisse der Übernahme bewährter Praxis aus dem Ausland im Bereich von gemeinsamen Verpflichtungen und eines gemeinsamen Vorgehens der Akteure quer durch die gesamte Kette vorgestellt, von den Produzenten bis zu den Verbrauchern, die auf der Plattform „Český cirkulární textil“ (Tschechischer Kreislauffestgelegter) mit Ausrichtung auf die Textilbranche entstehen.

1 Úvod k tématu

Výzkum mapování bariér v cirkulární ekonomice v textilním průmyslu v ČR poukázal jak na nízkou informovanost klíčových aktérů, tak na slabou spolupráci při naplňování závazných cílů Strategie pro udržitelný a cirkulární textil. Přitom se ukazuje, že již existují modely a praktické modely implementace cirkularity do praxe díky systémům společných dohod a závazků aktérů v jednotlivých sektorech (např. v Holandsku), které vedou k výsledkům jak na úrovni jednotlivců, tak celého systému. Příspěvek představí aktuální výsledky replikace ověřené zahraniční

¹ Fakulta humanitních studií, Univerzita Karlova, Pátkova 2137/5, 182 00 Praha 8, sona.jonasova@gmail.com

praxe v oblasti společných závazků a společného postupu aktérů napříč celým řetězcem od výrobců po spotřebitele vznikajících na platformě Českého cirkulárního hotspotu se zaměřením na textilní sektor.

1.1 Implementace cirkularity shora dolů na evropské úrovni v oblasti textilu

Textilní sektor je jedním z nejdůležitějších průmyslových znečišťovatelů, a to jak z pohledu produkce odpadních a toxických látek, tak spotřeby vody, a to od samotné fáze pěstování a výroby látek, až po likvidaci odpadu [1]. Z pohledu produkce skleníkových plynů zabírá výroba textilu pátou příčku [2] a to i z pohledu používání primárních surovin pro výrobu [3]. Samotné textilní výrobky v rámci celého svého životního cyklu v evropském měřítku představují čtvrtou kategorii s největším zatížením pro životní prostředí a klimatickou změnu, (největší zatížení způsobuje výroba potravin, bydlení a doprava), pátou kategorií, pokud jde o emise skleníkových plynů a třetí kategorií v oblasti spotřeby vody a půdy pro produkci [1]. Pokud tento trend bude pokračovat a nebude realizován masivní odklon od fosilních zdrojů pro výrobu textilních vláken a přechod na obnovitelné zdroje energie v textilním průmyslu, bude textilní odvětví v roce 2050 spotřebovávat místo dnešních 2 % až 26 % uhlíkového rozpočtu, který je nezbytný pro udržení tempa globálního oteplování na úrovni 2 °C. Současný stav nakládání s textilem tak není v souladu s klimatickými závazky v rámci Pařížské dohody [4]. Tato fakta vedla k tomu, že se textil stal jedním z klíčových oblastí, které se státy Evropské unie rozhodly zakomponovat do strategického rámce, který se stal stavebním kamenem pro evropský kontinent zcela strategického dokumentu, Zelené dohody pro Evropu.

Zelená dohoda pro Evropu je soubor opatření k dosažení uhlíkové neutrality v roce 2050. Zelená dohoda pro Evropu se tak stává nejen důležitým nástrojem pro překonání ekologické krize, ale i souborem opatření, jejichž cílem je pomoci EU posílit konkurenceschopnost na globální úrovni po koronavirové krizi v roce 2020. Dle Evropské komise je Zelená dohoda pro Evropu strategií růstu, která může pomoci evropské hospodářské obnově a zároveň řešení globálního klimatického stavu nouze [5]. Cirkulární ekonomika je v ní popsána i zcela konkrétním způsobem v oblasti nakládání s textilem. V březnu 2020 představila Akční plán pro cirkulární ekonomiku, ve kterém je specificky popsána i prioritou směřování EU k uzavírání toku textilních materiálů [6]. EK ve svém akčním plánu pro cirkulární ekonomiku zmiňuje i souvislosti s dosahováním uhlíkové neutrality díky snížení náročnosti těžby primárních surovin, zvyšování recyklace nebo prodloužení životního cyklu. V březnu roku 2022 svoji pozici směrem k uzavírání materiálových toků textilu a podpoře recyklace zakotvila EK i do Strategie EU pro udržitelný a cirkulární textil. Kromě kritérií pro ekodesign, zamezení destrukce neprodaného zboží nebo řešení problému mikroplastů, se významná část strategie věnuje EPR (rozšířená zodpovědnost výrobce) a podpoře opětovného použití a recyklace textilního odpadu [3]. K tématu EPR vyšlo specifické vyjádření v Návrhu cílené revize rámcové směrnice o odpadech, kde se hovoří o nutnosti stanovení pravidel pro harmonizovaný systém EPR pro členské státy EU, aby nedocházelo k nadměrné rozdílnosti pravidel na úrovni jednotlivých států [7]. Komise rovněž zahájila specializovanou studii s cílem navrhnout závazné cíle pro přípravu k opětovnému použití a recyklaci textilního odpadu jako součást revize právních předpisů EU o odpadech plánovaného na rok 2024 [1]. Je tak zcela zřejmé, že významný evoluční skok pro celý textilní průmysl je tak nejen trendem reagujícím na zrychlování textilní produkce, ale naplánovaný postup který je třeba propsat do konkrétních aktivit na úrovni členských států.

1.2 Reakce klíčových aktérů na ambice ve Strategii pro udržitelný a cirkulární textil

V rámci příprav konkrétního znění Strategie pro udržitelný a cirkulární textil Evropská komise iniciovala v roce 2021 rozsáhlou veřejnou konzultaci jejímž cílem bylo získat názor širokého spektra klíčových aktérů na priority Strategie včetně zaměření na identifikaci největších bariér

pro její implementaci [8]. Skrze online výzkum a cílené veřejné workshopy s aktéry zastupujícími celý hodnotový řetězec od zdroje materiálů až po jejich recyklaci a navrácení do oběhu. Obecně je možné konstatovat, že Strategie pro udržitelný a cirkulární textil má významnou podporu a pozitivní odezvu neboť je považována za iniciační dokument pro skutečnou změnu směrem k cirkulární ekonomice v praxi a to jak u producentů, tak spotřebitelů. Nad rámec základních cílů byl vyvinut tlak pro doplnění sociálních aspektů, které jsou spolu s environmentálními nezbytným doplňkem vizí pro dlouhodobou udržitelnost. Tyto aspekty byly následně promítnuty i do reportu, ve kterém Evropský parlament mapuje aktuální progres a doplňuje oblasti, které si žádají další podporu a propsání do nařízení a směrnic EU [9]. Ten navíc věnuje pozornost i tématům, které se v průběhu práce se Strategií v praxi ukázaly jako klíčové pro skutečnou změnu. Patří mezi ně harmonizované pokyny pro design pro cirkularitu, což lze chápat jako ekodesign výrobků ovlivňující jejich funkčnost v rámci celého životního cyklu, např. pravidla pro recyklovatelnost, odolnost nebo znovupoužitelnost. Dále je klíčové definovat „udržitelné materiály“, což je široký a ne zcela pochopitelný pojem, jež může budovat rozdílné názory klíčových skupin. Pozornost se dostala i potřebě tvořit nové byznys modely napříč aktéry a to včetně velkých společností a značek. Za nezbytné jsou považovány informace, které je třeba šířit transparentně, standardizovaně a napříč hodnotovým řetězcem a to díky standardizovanému Digitálnímu produktovému pasportu. Ten by mohl zahrnovat informace od environmentální stopy, nákladů na materiály, opravitelnosti, zastoupení chemických látek nebo použití recyklovaného odpadu. Příprava takového nástroje však vyžaduje skutečnou spolupráci napříč aktéry a tedy i nové formy spolupráce mezi nimi. A právě nedostatek spolupráce a absence informací byla jedinou výzvou, kterou více než 65 % aktérů účastnících se veřejné konzultace označilo jako důležitou nebo velmi důležitou. Bariéra „nedostatečné spolupráce a výměny informací v rámci hodnotového řetězce“ se tak ukázala jako klíčová.

1.3 České ozvěny a potvrzení hlavních bariér

V rámci reakce na evropskou veřejnou konzultaci byl v České republice realizován průzkum, který si kladl za cíl zmapovat lokální bariéry. Oproti zastoupení 544 zainteresovaných stran na úrovni EU se do českého výzkumu zapojilo překvapivě vysoké číslo dotazovaných stran, konkrétně 78 respondentů v rámci online dotazníku a 10 respondentů v navazujících polostrukturovaných rozhovorech. Výzkum potvrdil, že mezi klíčové bariéry i v Česku patří nedostatek znalostí a povědomí. Tuto bariéru doplnily podněty jako: nedostatečná legislativa a regulace, která neposkytuje stimuly pro cirkularitu a finanční překážky (na úrovni konkrétních firem i v makroekonomickém kontextu). Výzkum navíc prokázal, že i zde je obecný nedostatek spolupráce a komunikace mezi zainteresovanými stranami v textilním průmyslu napříč hodnotovým řetězcem. Důležitost spolupráce, vytváření tvůrčího prostředí pro budování silných vazeb a práce na mezisektorových řešeních je však výzvou, kterou je třeba uchopit nejen na úrovni akademických článků, ale v praxi [10].

Cílem tohoto příspěvku je v kontextu výše zmíněné důležitosti tématu cirkulární ekonomiky a aplikace těchto principů do cirkulárního textilu představit konkrétní cesty její implementace na národní úrovni. Práce je tak následně dělena do jednotlivých oblastí, kdy v první je představena metodika práce, v oblasti druhé jsou představeny základní modely a systémy fungování tvorby síťových organizací, které v referenčním státě, Holandsku, přináší konkrétní a pozitivní výsledky do praxe a ve třetí části jsou tyto principy popsány na případové studii Českého cirkulárního hotspotu, jehož cílem je vytvořit nástroj pro systémovou změnu a pomoc se zaváděním klíčových pilířů cirkulární ekonomiky zmíněné v Zelené dohodě pro Evropu v oblasti textilního průmyslu a nakládání s textilními materiály v rámci celého hodnotového řetězce.

2 Metodika

Tento příspěvek navazuje na předchozí výzkumné činnosti autorky zaměřené na mapování bariér v oblasti textilního průmyslu v České republice, ze kterého vyplynula potřeba vyšší míry spolupráce a informovanosti klíčových aktérů v textilním sektoru napříč hodnotovým řetězcí. Prvním krokem byla literární rešerše zaměřená na hledání příkladů dobré praxe států, které pracují na aplikaci principů cirkularity na systémové úrovni. Na rešerši navázaly polostrukturované hloubkové rozhovory s klíčovými aktéry, kteří se podílejí na systémové transformaci z lineární na cirkulární ekonomiku v Holandsku. Těmi byla spoluzakladatelka Holandského cirkulárního hotspotu, profesorka, vědkyně a bývalá ministryně životního prostředí Jacqueline Cramer, současný ředitel Holandského cirkulárního hotspotu a předseda Evropské platformy klíčových aktérů pro cirkulární ekonomiku, Freek van Eijk a Joan Prummel, odborník na Holandské zelené dohody. Rozhovory měly polostrukturovanou povahu, což umožnilo účastníkům volně se zapojit do debaty po úvodním představení osloveného interviewee a výzkumníka, aby byla vytvořena vzájemná důvěra a získány základní informace [11]. Rozhovory jsou nejběžněji používanou metodou sběru dat [12] a tyto polostrukturované formáty jsou nejčastěji používanou technikou rozhovoru v kvalitativním výzkumu [13]. Z rozhovorů byl vytvořen základní rámec pravidel, principů a postupů, které sloužily jako báze pro založení Českého cirkulárního hotspotu. Jeho struktura, aktuální fungování a zkušenosti z replikace získaných principů v praxi je popsána ve výsledcích této práce.

3 Výsledky

3.1 Možné řešení: následovat holandskou cestu k systémovým změnám

Ačkoliv již celá řada států EU má svoji strategii pro cirkularitu a Česko s dokumentem Cirkulární Česko 2040 není výjimkou [14], jen Holandsko je na úrovni EU zemí, které má vědecky zmapován a popsán proces zavádění systémových změn. Holandsko je proto použito jako referenční případ, neboť na základě rešerše odborný zdrojů jako jediná ze zemí EU oplývá bohatým publikačním zázemím zejména díky Jacqueline Cramer, která o systémovém řízení směrem k cirkularitě v zemi hojně publikuje [15], [16], [17], [18], což neplatí pro ostatní země. Holandsko také jako první země v EU představila národní strategii [19] pro transformaci na cirkulární systém hospodářství do roku 2050.

3.1.1 Fungování Holandského cirkulárního hotspotu

Na základě této vládní strategie byl v Holandsku založen i Holandský cirkulární hotspot (dále jen HCH), což je mezioborová platforma, vzniknuvší s cílem vytvoření prostoru pro inspirační meziodvětvové spolupráce, podněcování k výměně znalostí a globální podporu cirkulárního podnikání [15]. Tak jsou v praxi naplněny i teoretické vize, že bude zapotřebí jak řízení shora dolů (v tomto případě zarámování systémových kroků v rámci Strategie pro udržitelný a cirkulární textil), ale i samovolná organizace zespoda nahoru, protože transformace vychází z ko-evolučních interakcí napříč různými sektory lidské společnosti v čase [20], [21]. HCH současně podporuje právě interakci, informovanost a budování vazeb mezi aktéry. Takové síťování podporuje pozitivně působící síly ve společnosti, které pomáhají dostat cirkulární ekonomiku do praxe. Díky novým vazbám a spolupráci mezi aktéry pozitivně stimuluje k vzniku mnoha samostatných iniciativ, čímž se vytvoří silnější pohyb směrem k cirkularitě [15].

Vzhledem k faktu, že holandský hotspot funguje již od roku 2018, je dnes již možné sledovat, jaké faktory jej činí úspěšným. Potvrzuje se například to, že aby došlo k budování spolupráce a zajištění kolektivní a vzájemně podporující akce jednotlivých účastníků (členů platformy), je nezbytné budovat síť orientovanou na společné cíle. Současně je též potvrzeno, že pro spolupráci jsou vhodnější struktury bez nadměrné kontroly a hierarchie, která často brání v lehkosti navazování spolupráce [22]. Proto je hotspot budován jako co nejotevřenější, transparentně

a pozitivně komunikující platforma, kde dochází k vzájemné podpoře členů, včasnému řešení konfliktů a efektivnímu využívání společných finančních a jiných zdrojů v síti. V rámci praxe se také ukázalo, že pro řízení takových sítí je nezbytný neutrální prostředník (taktéž nazýván jako inovační broker), který může moderovat diskuze a pomáhat budovat spolupráce a urychlit tak přechod k cirkularitě [18]. Měl by být důvěryhodný a s adekvátními kompetencemi jako jsou měkké dovednosti a schopnosti vzbudit zájem, jednat ve prospěch kolektivu, mít základnu znalostí a odborností a být schopen otevřít dveře na všech úrovních politiky. Je pomyslným dirigentem procesu přechodu a jedná ve prospěch svých členů. Tuto perspektivu též Cramer popisuje velmi podrobně ve studii o nizozemských zkušenostech s cirkulární ekonomikou [15]. Pro replikaci do dalších zemí tak vznikl i soubor doporučení, kterými by se měly řídit nově vznikající iniciativy. Těmi jsou tyto body:

1. Mít dostatečně silnou společnou motivaci. Mít vůli převzít iniciativu.
2. Postupovat malými kroky a být připraven na opakování těchto kroků.
3. Inspirovat se jinými projekty, ale zároveň dbát na specifika svého projektu.
4. Nebát se improvizovat a učit se nové věci.
5. Zaměřit se na nejslibnější inovace.
6. Zmapovat klíčové hnací mechanismy a předpoklady pro úspěšnou implementaci.
7. Identifikovat příslušné aktéry, zjistit jejich ochotu ke kooperaci.
8. Nastavit business model, ze kterého profitují všichni členové.
9. Najít schopné prostředníky (brokery).
10. Nastavit transparentní rozdělení práce mezi členy iniciativy.

3.1.2 Poldrové vyjednávání a systém Dutch green deals

Při polostrukturovaných rozhovorech se též ukázalo, že pro dosahování systémových změn je pro Holandsko typický i model konsenzuálního jednání a pro testování konkrétních systémových změn i systém zelených dohod. Systém poldrového vyjednávání, který funguje v Nizozemsku, se nazývá "poldermodel" nebo také "polderový model." Oceňovaný holandský konsenzuální model, označovaný jako 'poldrový model,' získal celosvětové uznání za efektivní oživení ekonomiky Nizozemska během 90. let dvacátého století [23]. Název odkazuje na specifický způsob společenského a ekonomického vyjednávání a řešení sporů v zemi formou konsenzu [24]. Poldrový model zahrnuje úzkou spolupráci mezi vládou, odbory, zaměstnavateli a dalšími zainteresovanými stranami za účelem dosažení dohody ve věcech týkajících se pracovních podmínek, sociálního zabezpečení, ekonomických reforem a dalších otázek. Tento přístup zdůrazňuje dialog, konsenzus a respektování různých hledisek. Výhodou polderového modelu je schopnost dosahovat stabilních a udržitelných dohod, které zohledňují různé zájmy a minimalizují sociální napětí. Tento model však také může být kritizován za zpomalení procesu rozhodování a odklání od rychlých reforem. Celkově lze říci, že poldermodel je charakteristickým rysem nizozemské politické a ekonomické kultury, který se snaží dosáhnout kompromisů a udržovat stabilitu ve společnosti [25].

Dalším procesním krokem pro zavádění cirkulárních inovací do praxe je koncept dobrovolných dohod, kterým od roku 2013 říkají tzv. „Green Deals“ tedy zelené dohody. Jak je patrné, takové dohody fungují mnohem delší dobu než aktuální nová Zelená dohoda pro Evropu. Tyto původní zelené dohody si kladly jasný cíl – v oblasti environmentálních inovací uzavřít konkrétní výsledky přinášející partnerství mezi vládou, byznysem a dalšími sférami s cílem otestovat nejasnosti v ekonomické udržitelnosti, funkčnosti či jiných aspektech testování inovací v praxi

společně. Jednotliví hráči se tak zavázali k určité roli a v rámci pilotních partnerství si definovali jasnou oblast společného výzkumu a testování a v jasný časový rámec vyhodnotili, zda-li se daná cesta jeví jako správná ze všech úhlů pohledu. Podobně tak otestovali již zhruba 250 příkladů v praxi od využívání tepla odpadních vod, recyklace škváry z energetického využívání odpadů ve stavebnictví nebo koncepty cirkularity ve veřejných zakázkách. Nejzajímavější pro tuto práci je však dohoda o cirkulárním textilu, u které hraje klíčovou roli Amsterdamská ekonomická rada a jejíž hlavní cíl je to, že do roku 2030 bude textilní sektor v regionu ze 70 % fungující na cirkulárních principech a následně se stane plně cirkulárním v co nejkratším časovém horizontu [26].

3.2 Od teorie k testování v praxi - založení Českého cirkulárního hotspotu

Ve snaze otestovat model HCH, který se ukazuje jako klíčový element a iniciátor mnoha konkrétních propojení vznikl v roce 2022 i Český cirkulární hotspot (dále jen ČCH). Do role „prostředníka pro přechod“ se postavila organizace Institut Cirkulární Ekonomiky (dále jen INCIEN). INCIEN v České republice funguje od roku 2015 s cílem pracovat na osvětě v tématech cirkularity, podněcovat pilotních projektech umožňujících aplikaci principů cirkularity do praxe a vytvářet prostředí pro mezioborovou spolupráci a systémovou změnu z lineárního na cirkulární systém. V roce 2022 tak došlo k oficiálnímu založení české odnože holandské myšlenky a za účasti ředitele HCH, Freeka van Eijka a za účasti více než padesáti přístupujících členů. Po vzoru základních principů pro úspěšné fungování byly definovány společné oblasti zájmu a formovány pracovní skupiny, které si kladou za cíl tyto oblasti rozpracovat nejen do konkrétních výzev hodných řešení, ale i do konkrétních závazků jednotlivých členů.

Jedna z pracovních skupin ČCH je zaměřena na textil a v prvním roce se členové soustředili na definici klíčových společných cílů, definici vlastních závazků. Ve skupině je dnes 17 členů (2 v kategorii design, 4 v oblasti edukace, 4 výrobci, 1 distributor, 1 uživatel zastoupen firmou využívající k finálnímu produktu textilie, 2 municipality, 3 organizace zaměřující se na konec životního cyklu v rámci sběru, recyklace a dalšího využití). Při debatách mezi členy jsou uplatňovány metody hledání konsenzu dle vzoru holandské polderové metody, kdy při každém setkání jsou domluveny konkrétní akční kroky, rozdány úkoly a postupně dochází k upřesňování závazků, na kterých pracují jednotliví členové. V prvním roce fungování byly definovány společné obory zájmu a spolupráce, jsou jimi:

- Evropská legislativa a povinnosti výrobce, povinný separovaný sběr textilu.
- Recyklace použitého textilu.
- Osvěta směrem ke spotřebitelům, zaměření se na greenwashing.

Aktuálně jsou mezi členy vybírány nejslibnější inovace k dalšímu rozvoji a členové jsou ve fázi formování vlastních závazků, které by měly přispět ke společným cílům. Kroky na úrovni individuálních členů však nejsou již tak zdaleka hladké jako bylo formování společných potřeb. I přesto jsou aktuálně předvybrána témata formování prototypu digitálního produktového pasu pro textil a při uzavírání dohody je v plánu využít vzoru holandských dobrovolných dohod.

4 Závěr

Cirkulární ekonomika je systém, který ve svém principu nabízí budování hospodářské prosperity stavějící na efektivním a ohleduplném čerpání přírodních zdrojů s vědomím jejich omezených kapacit. Stala se i základním předpokladem pro naplnění Zelené dohody pro Evropu a vzhledem k závazným cílům, které obsahuje, je nutné hledat cesty efektivního zavádění do praxe díky osvědčeným postupům. Holandsko se nabízí jako vzor země, která transformaci pojala systémově, zahájila ji přístupem shora dolů, na který reagovaly iniciativy vznikající zespoda

a to velmi konkrétním způsobem. Vznikla tak mezioborová platforma Holandského cirkulárního hotspotu, který je vzorem a iniciátorem vzniku těchto platforem po celém světě. Na jejich principu dnes stojí i Český cirkulární hotspot, který do svého fungování aplikuje principy, které umožnily stát se Holandsku globálním lídrem v tématech cirkularity. Testovány jsou v něm konkrétní postupy od konsenzuálních diskuzí po principy dobrovolných zelených dohod. Již dnes je však jisté, že česká kultura a schopnost uzavírat společné dohody či zavazovat se k vlastním dobrovolným závazkům bude čelit výzvám, které si zaslouží budoucí mapování a sdílení i na výzkumně publikační úrovni.

Literatura

- [1] EUREAU, 2022: *EU Strategy for Sustainable and Circular Textiles*. Eureau.org. <https://www.eureau.org/news/656-eu-strategy-for-sustainable-and-circular-textiles>, [cit. 2022-05-22]. [online].
- [2] EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY: *Textiles in Europe's circular economy*. <https://www.eea.europa.eu/publications/textiles-in-europes-circular-economy/textiles-in-europe-s-circular-economy>, 2019, [online].
- [3] EVROPSKÁ KOMISE, 2022: *Akční plán pro CE*. https://environment.ec.europa.eu/topics/circular-economy/first-circular-economy-action-plan_cs, [online]. [cit. 2022-05-22].
- [4] Ellen MacArthur Foundation: *New Textiles Economy: Redesigning Fashion's Future*. <https://archive.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/A-New-Textiles-Economy.pdf>, london, UK, 2017. [online].
- [5] ERBACH, G., 2020: *Impact of the coronavirus crisis on climate action and the European Green Deal*. <https://policycommons.net/artifacts/1337183/impact-of-the-coronavirus-crisis-on-climate-action-and-the-european-green-deal/1944856/>, EPRS: European Parliamentary Research Service. Belgium.
- [6] EVROPSKÁ KOMISE, 2020: *Sdělení komise Evropskému parlamentu, radě, evropskému hospodářskému a sociálnímu výboru a výboru regionů*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/HTML/?uri=CELEX:52020DC0098>, [online].
- [7] EUROPEAN COMMISSION, 2023: *Directive of the european parliament and of the council*. https://commission.europa.eu/index_cs, [online].
- [8] COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS: *EU Strategy for Sustainable and Circular Textiles*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52022DC0141>, [online]. 2022 [vid. 2023-08-12].
- [9] Burkhardt, d.: *REPORT on an EU Strategy for Sustainable and Circular Textiles | A9-0176/2023 | European Parliament*. https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/A-9-2023-0176_EN.html, [online]. [vid. 2023-08-12].
- [10] Zoumpalova, t.: *Barriers to the circular economy in textile industry: a case study of the Czech Republic*. WASTE FORUM 3/2023 (přijato ke zveřejnění).
- [11] Jacob, s.; furgerson, s.: *Writing Interview Protocols and Conducting Interviews: Tips for Students New to the Field of Qualitative Research*. doi:10.46743/2160-3715/2012.1718, The Qualitative Report [online]. 2015 [vid. 2023-08-17]. ISSN 2160-3715, 1052-0147.

- [12] Taylor, m.: *Interviewing. Qualitative research in health care*. https://lsms.ac/wp-content/uploads/2023/02/11_.pdf#page=58,005,39-55. [online]. [vid. 2023-08-17].
- [13] Diccico-bloom, b.; crabtree, b.: *The qualitative research interview*. doi:10.1111/j.1365-2929.2006.02418.x, *Medical Education* [online]. 2006, 40(4), 314-321. ISSN 1365-2923.
- [14] ČR, MŽP: *Cirkulární Česko*. https://www.mzp.cz/cz/cirkularni_cesko, [online]. 13. duben 2022 [vid. 2023-08-17].
- [15] Cramer, j.: *How network governance powers the Circular Economy. Ten guiding principles for building a Circular Economy, based on Dutch experiences*. Publication of the Amsterdam Economic Board. 2020.
- [16] Cramer, j.: *Practice-based model for implementing circular economy: The case of the Amsterdam Metropolitan Area*. doi:10.1016/j.jclepro.2020.120255, *Journal of Cleaner Production* [online]. 2020, 255, 120255. ISSN 09596526.
- [17] Cramer, j.: *Implementing the circular economy in the Amsterdam Metropolitan Area: The interplay between market actors mediated by transition brokers*. doi:10.1002/bse.2548, *Business Strategy and the Environment* [online]. 2020, 29(6), 2857-2870. ISSN 1099-0836.
- [18] Cramer, j.: *The Function of Transition Brokers in the Regional Governance of Implementing Circular Economy – A Comparative Case Study of Six Dutch Regions*. doi:10.3390/su12125015, *Sustainability* [online]. 2020, 12(12), 5015. ISSN 2071-1050.
- [19] *A Circular Economy in the Netherlands by 2050*. 2016.
- [20] Caldwell, g.; aj.: *Putting the people back into the “smart”: Developing a middle-out framework for engaging citizens*. *Shaping Smart for Better Cities*. Academic Press, 2021. p. 239-266.
- [21] Patterson, j.; schulz, k.; vervoort, j.; aj.: *Exploring the governance and politics of transformations towards sustainability*. doi:10.1016/j.eist.2016.09.001, *Environmental Innovation and Societal Transitions* [online]. 2017, 24, 1-16. ISSN 22104224.
- [22] Provan, k.; kenis, p.: *Modes of Network Governance: Structure, Management, and Effectiveness*. doi:10.1093/jopart/mum015, *Journal of Public Administration Research and Theory* [online]. 2007, 18(2), 229-252. ISSN 1053-1858.
- [23] Sanders, e.: *Woorden met een verhaal*. Prometheus. 2004.
- [24] The Economist, (2015): *Same old Dutch*. <http://www.economist.com/news/europe/21565661-polder-model-backsame-old-dutch>, [online]. [vid. 2023-08-17].
- [25] Kumar, g.: *The Dutch polder decision making policy: Can Polderen be adopted into organisations in the United Kingdom?* [online]. 2015.
- [26] *Green Deal Circular Textiles*. <https://amsterdameconomicboard.com/en/initiative/green-deal-circular-textiles/>, Amsterdam Economic Board [online]. [vid. 2023-08-17].

Stoffliche Nutzungsmöglichkeiten von Bagasse und Reisstroh in Form von Adsorbentien, Bodenverbesserern und Erosionsschutzmatten

Možnosti látkového využití bagasy a rýžové slámy formou adsorbentů, přípravků pro zlepšování půd a protierozních rohoží

Katja Schaldach, Volker Herdegen¹

Kurzfassung

Mit dem weltweit enormen Anfall an Agrarreststoffen stellt sich die Frage einer sinnvollen stofflichen Nutzung, da diese insbesondere in Schwellen- und Entwicklungsländern oftmals nur auf Halden gelagert oder direkt auf dem Feld bzw. im feuchten Zustand in der Fabrik verbrannt werden. Hierbei ergeben sich erhebliche Umweltgefährdungen z.B. in Form von Sickerwässern oder (klima-)schädlichen Gasen. Alleine in Vietnam entstehen etwa 75 Mt/a an Agrarreststoffen – 80 % in der Reis- und Zuckerrohrverarbeitung. Durch das rohstofflich kaum genutzte Potential bieten bspw. Reisstroh, Reisspelzen und Bagasse Möglichkeiten wertsteigernde Produkte herzustellen, wobei folgende drei Produkte und deren Herstellung im Rahmen des Projekts „BioMatUse“ untersucht wurden: Adsorbentien zur Reinigung verunreinigter fluider Stoffströme, Bodenverbesserungsstoffe zur Erhaltung der Bodenqualität/ -fruchtbarkeit und Erosionsschutzmatten zur Verhinderung von Bodenerosion. Neben der stofflichen Nutzung und der einhergehenden Wertsteigerung wirken die ausgewählten Zielprodukte wiederum positiv auf wichtige Umweltaspekte. Es wurde ein integriertes Prozessschema für die Herstellung der drei Produkte zur vollständigen stofflichen Verwertung des eingesetzten Agrarreststoffs entwickelt. Im Rahmen des Beitrags werden Ergebnisse zu den drei Produkten und das entwickelte Prozessschema vorgestellt.

Abstrakt

V souvislosti s celosvětovým nárůstem zbytků ze zemědělské produkce vyvstává otázka jejich smysluplného látkového využití. Především v rozvíjejících se a rozvojových zemích jsou tyto materiály často ukládány na haldy, nebo případně na polích, případně jsou ve vlhkém stavu spalovány v továrně. To významným způsobem ohrožuje životní prostředí, například ve formě průsaku nebo (klimaticky) škodlivých plynů. Jen ve Vietnamu vzniká ročně zhruba 75 mil. t odpadů ze zemědělské produkce - 80 % ze zpracování rýže a cukrové třtiny. Svým surovinově téměř nevyužitým potenciálem skýtají například rýžová sláma, rýžové plevy a bagasa možnosti pro výrobu produktů, zvyšujících jejich hodnotu. V rámci projektu byly sledovány následující tři produkty a jejich výroba: adsorbenty pro čištění znečištěných fluidních látkových toků, přípravky pro zlepšování půd za účelem zachování jejich kvality / úrodnosti a protierozní rohože, zabraňujících půdní erozi.

Vedle látkového využití a s tím souvisejícího zvýšení hodnoty těchto materiálů působí tyto vybrané cílové produkty současně pozitivně na důležité ekologické aspekty. Pro výrobu těchto tří produktů za účelem úplného látkového zhodnocení uvedených zemědělských odpadů bylo vyvinuto integrované schéma procesů. V příspěvku budou představeny výsledky ke všem třem výrobkům a vytvořené schéma procesů.

¹TU Bergakademie Freiberg, Institut für Thermische Verfahrenstechnik, Umwelt- und Naturstoffverfahrenstechnik (ITUN), volker.herdegen@tun.tu-freiberg.de

1 Motivation

Mit dem weltweit enormen Anfall an Agrarreststoffen [1] stellt sich die Frage einer sinnvollen stofflichen Nutzung, da diese insbesondere in Schwellen- und Entwicklungsländern oftmals nur auf Halden gelagert oder direkt auf dem Feld bzw. im feuchten Zustand in der Fabrik verbrannt werden. Hierbei ergeben sich erhebliche Umweltgefährdungen z.B. in Form von Sickerwässern oder (klima-)schädlichen Gasen [1]. Alleine in Vietnam entstehen etwa 75 Mt/a an Agrarreststoffen – 80 % davon in der Reis- und Zuckerrohrverarbeitung [2].

Durch das rohstofflich kaum genutzte Potential bieten bspw. Reisstroh, Reisspelzen und Bagasse Möglichkeiten, wertsteigernde Produkte herzustellen, wobei folgende drei Produkte und deren Herstellung in umfangreichen, experimentellen Untersuchungen im Rahmen des bilateralen Projekts „BioMatUse“ [3] erforscht wurden: Adsorbentien zur Reinigung verunreinigter fluider Stoffströme, Bodenverbesserungsmittel zur Erhaltung der Bodenqualität/ -fruchtbarkeit und Erosionsschutzmatten zur Verhinderung von Bodenerosion. Die Auswahl der drei Zielprodukte ergab sich daraus, dass keine komplexen biotechnologischen und apparativen Anforderungen für die Herstellung notwendig sind, sondern nur „einfache“ mechanische bzw. thermomechanische Verfahrensschritte. Neben der stofflichen Nutzung und der einhergehenden Wertsteigerung wirken die ausgewählten Zielprodukte wiederum positiv auf wichtige Umweltaspekte. Im Rahmen des Projekts wurde ein integriertes Prozessschema [3, 4] mit jeweils entsprechendem Aufbereitungsverfahren für die Herstellung der drei Produkte zur vollständigen, stofflichen Verwertung des eingesetzten Agrarreststoffs entwickelt.

2 Methodik

Aufgrund des Umfangs wird im Rahmen der Methodik zur Herstellung und Bewertung der drei Zielprodukte nur ausgewähltes näher beschrieben. Die methodischen Details können den projektbegleitenden Veröffentlichungen entnommen werden [3, 5, 6, 4, 7].

Da erwartungsgemäß u.a. die Zusammensetzung der eingesetzten Agrarreststoffe (siehe Abb. 1) auf die sich anschließende Verarbeitung zu den verschiedenen Produkten Einfluss nimmt, wurde zunächst eine grundlegende Charakterisierung der Ausgangsrohstoffe u.a. mittels Elementar-, Immediat- und Ascheanalyse (DIN 51718, DIN 51719/ DIN EN ISO 18122, DIN 51720) und Gehalt an Cellulose und Lignin (DIN EN ISO 13906) vorgenommen (siehe Tab. 1). Bei allen untersuchten Ausgangsrohstoffen ist darüber hinaus – allgemein gültig für nachwachsende Rohstoffe – u.a. die Schwankungsbreite durch die Sorte und die klimatischen und Bodenbedingungen am Ort und Zeitpunkt des Anbaus zu berücksichtigen.

Während die Elementaranalyse ziemlich ähnliche Werte (außer N-Gehalt) liefert, unterscheiden sich die betrachteten Agrarreststoffe besonders hinsichtlich von Asche und Flüchtige Bestandteile, was in Bezug auf die Flüchtigen Bestandteilen auch auf die unterschiedlichen Anteile an Cellulose und Lignin zurückgeführt werden kann.

Die Aufbereitungsschritte stellen sich für die Erosionsschutzmatten und teilweise auch für die Bodenverbesserungsmittel als relativ einfach dar. Vor allem die Aufbereitung für die Erosionsschutzmatten besteht nur aus einer Vorzerkleinerung der Strohhalme, z.B. mittels einer Rottorschere, bzw. einer Aushaltung von zu kurzen Bagassefasern. Der Einsatz von Reisspelzen eignet sich aufgrund der Ausgangspartikelgröße bzw. -form grundsätzlich nicht für die Herstellung von Erosionsschutzmatten. Für die Herstellung der geformten Adsorbentien und tlw. auch für die Bodenverbesserungsmittel waren mehrere mechanische bzw. thermomechanische Prozessschritte zur Konversion nötig, die im Rahmen des Projekts entwickelt und getestet wurden. Die nachfolgende Abbildung 2 zeigt schematisch die dafür nötigen Verfahrensschritte:

Nach einer ggf. notwendigen Vorzerkleinerung kann sich optional ein Aktivierungsschritt mit heißen Aktivierungslösungen wie Laugen und Säuren anschließen, um zum einen Aschebestandteile aus der Biomasse zu entfernen, aber zum anderen auch, um das Pyrolyseverhalten zu beeinflussen. Für die eigentliche Zerkleinerung hat sich die Zerfaserung in einem

Tabelle 1: Zusammensetzung der untersuchten Agrarreststoffe.

| Gehalt in % | Reisspelzen | Reisstroh | Bagasse |
|------------------------------|-------------|------------|------------|
| Wasser | 8,9 ± 1,9 | 9,2 ± 2,1 | 8,4 ± 1,7 |
| Asche (waf) | 14,8 ± 1,5 | 15,7 ± 1,2 | 3,9 ± 2,3 |
| Flüchtige Bestandteile (waf) | 78,5 ± 1,5 | 78,8 ± 1,2 | 84,5 ± 1,9 |
| Cellulose (waf) | 44,5 ± 0,5 | 46,4 ± 0,3 | 53,6 ± 2,7 |
| Lignin (waf) | 11,5 ± 0,3 | 11,7 ± 0,6 | 20,5 ± 2,9 |
| C (waf) | 51,1 ± 0,5 | 49,0 ± 0,2 | 50,6 ± 0,5 |
| O (waf) | 42,3 ± 0,4 | 43,8 ± 0,3 | 43,0 ± 0,7 |
| H (waf) | 5,6 ± 0,1 | 5,5 ± 0,1 | 5,6 ± 0,1 |
| N (waf) | 0,5 ± 0,1 | 1,1 ± 0,0 | 0,4 ± 0,0 |
| S (waf) | 0,5 ± 0,0 | 0,6 ± 0,0 | 0,4 ± 0,0 |

wasserfreier (wf) bzw. wasser- und aschefreier (waf) Zustand



Abbildung 1: Beispielhafte Bilder der eingesetzten Agrarreststoffe: Reisspelzen, Reisstroh und Bagasse im Anlieferungszustand.



Abbildung 2: Schematische Darstellung der Verfahrensschritte zur Herstellung von geformten Adsorbentien aus Agrarreststoffen nach [7].

Extruder als besonders vorteilhaft erwiesen, gleichzeitig kann dieser zur Einstellung des gewünschten Wassergehaltes und zur Zumischung von optionalen Aditiven als Bindemittel für das Feuchtpelletierverfahren dienen. Das entwickelte Feuchtpelletierverfahren [8] in Matrizenpressen vereint eine Reihe an Vorteilen, wie z.B. Biomasseverarbeitung im erntefeuchten Zustand, geringeren Maschinenverschleiß und geringere Verdichtung des Biomasseagglomerats.

Im Anschluss erfolgte die thermolytische Stoffwandlung hin zu einem geformten Adsorbens in einer Pyrolyse unter verschiedenen Aufheizregimen bis zu einer Endtemperatur von 850 °C. Die geformten Adsorbentien können im Anschluss auch nochmals mittels Gase (z.B. Wasserdampf, CO₂) bei bis zu 750 °C oder mittels heißer Säure-/ Laugenlösungen aktiviert werden, um eine Verbesserung der adsorptionsspezifischen Eigenschaften zu erreichen: Ascheentfernung, Porenausbrand, Entwicklung von zusätzlicher Mikroporosität. Als repräsentative Eigenschaften wurden als mechanische Kenngröße die Ball Pan Hardness (ASTM-D4607) und als adsorpti-

onsspezifische Kenngröße die Adsorptionsisotherme mit Stickstoff (DIN ISO 9277) bestimmt bzw. ausgewertet.

Für alle drei Produkte wurde außerdem in Anwendungstests im Labor oder Feld die Eignung geprüft. D.h. für die Bodenverbesserungsstoffe wurden Anzuchtversuche unter kontrollierten Gewächshausbedingungen für verschiedene Pflanzen durchgeführt, die hergestellten Erosionsschuttmatten an einer aufgeschütteten Böschung (55° Neigung) auf einer Baustelle an der TU Bergakademie Freiberg und in Vietnam über mehrere Vegetationsperioden ausgelegt und die geformten und tlw. aktivierten Adsorbentien in Modellsystemen im gasförmigen und wässrigen (Acetondampf, Iod und Metyhlenblau) auf ihr kinetisches und thermodynamisches Verhalten hin getestet.

3 Ergebnisse

Auch im Hinblick auf die Ergebnisse der drei Zielprodukte kann aufgrund des Umfangs nur auf einen ausgewählten Teil im Folgenden näher eingegangen werden. In diesem Zusammenhang wird nochmals auf die diversen Veröffentlichungen im Projekt verwiesen [3, 5, 6, 4, 7].

3.1 Bodenverbesserungsstoffe

Für die Durchführung der Anwendungstests der drei Agrarreststoffe als Bodenverbesserungsstoffe wurden diese in verschiedener Art und Weise aufbereitet. Dies reichte von einer reinen Zerkleinerung mit unterschiedlichen Zerkleinerungsmaschinen, übereine anschließende Agglomeration mit/ ohne Bindemittel bzw. Düngerzugabe bis hin zu einer abschließenden Pyrolyse bei Endtemperaturen von 350 und 850 °C. Teilweise wurden diese dann im Anschluss noch mit Flüssigdünger beladen.

Die hergestellten Proben wurden dann einem nährstoffarmen Boden zu je 20 % zugemischt und mit dem Ergebnis mit reinem Sand und Pflanzenerde als Referenz für fünf verschiedene Pflanzen verglichen. Als Bewertung der Anzuchtversuche wurde in mehreren Replikaten u.a. die Wuchshöhe, die Masse der getrockneten Pflanze und Wurzel, die Blätter- und Wurzelbeschaffenheit und der Fruchtertrag ermittelt. Beispielhaft ist in der nachfolgenden Abbildung 3 das Wuchsverhalten von Knautgras für die getesteten Bodenverbesserungsstoffe gezeigt:



Abbildung 3: Beispielhafter Anzuchtversuch mit Knautgras zur Bewertung der verschiedenen, hergestellten Bodenverbesserungsstoffe aus den drei Agrarreststoffen (je ein Replikat).

Im Ergebnis stellte sich in diesen Tests über eine Wachstumsperiode grundsätzlich heraus, dass besonders die pyrolysierten Bodenverbesserungsstoffe und erwartungsgemäß die Düngemittelzugabe einen positiven Einfluss ausüben. Der positive Einfluss der pyrolysierten

Bodenverbesserungsstoffe kann u.a. auf einer Bodenauflockerung, einer verbesserten Wasserhaltung, einer bedarfsgerechten Nährstoffbereitstellung, einer pH-Wertverschiebung und einer großen Ansiedlungsfläche für nützliche Mikroorganismen beruhen.

3.2 Erosionsschuttmatten

Für die Anwendungstests wurden auf einer Produktionsanlage beim industriellen Projektpartner Erosionsschuttmatten aus reinem Reisstroh bzw. Bagasse hergestellt. Die Erosionsschuttmatten bestanden im Einzelnen aus einem weitmaschigen PP-Netz, einem Versteppungsgarn aus PP und dem Agrarreststoff, wobei nur Reisstroh und Bagasse sinnvollerweise zur Anwendung gebracht werden können.

Bei Bagasse wurde nur der Siebschnitt ≥ 6 mm tlw. mit einer zusätzlichen Papierunterlage genutzt. Außerdem wurde für beide Agrarreststoffe auch die Zumischung (50:50) der üblicherweise verwendeten Kokosfasern untersucht. So konnten auf der industriellen Produktionsanlage insgesamt mehr als 2000 m² Erosionsschuttmatten der verschiedenen Typen hergestellt und im Anschluss in einem Freilandtest über mehrere Vegetationsperioden ausgelegt und begrünt werden. Beispielhaft sind in Abb. 4 die begrünten, verschiedenen Erosionsschuttmatten (je Seite 4 verschiedene Typen) an einer Böschung auf dem Gelände der TU Bergakademie Freiberg dargestellt:



Abbildung 4: Zustand der begrünten Erosionsschuttmatten je vier verschiedener Typen nach ca. 3 Monaten Wachstumsdauer (linke Hälfte Anspritzbegrünung Gräser, rechte Hälfte Ansaat Lupinen).

Alle hergestellten Matten konnten die gestellte Aufgabe an Begrünung und Erosionsschutz nahezu gleichermaßen erfüllen, gleichwohl sich im Detail im Zersetzungs-/ Abbauverhalten über längere Zeiträume für die verschiedenen Materialien Unterschiede ergeben. Die Matte bzw. die etablierte Vegetation übernahm jedoch nach kurzer Zeit den gewünschten Schutz vor Wind- und Regenerosion. Besonders deutlich wurde dies im Vergleich zu freier, ungeschützter Böschung am Standort, wo deutliche Erosionserscheinungen in Kanalbildung durch Regen sichtbar wurden. Die Matten trugen außerdem dazu bei, oberflächliche Wasserverdunstung zu verringern und damit ein Vertrocknen bei trockenen Wärmeperioden zu verzögern.

3.3 Adsorbentien

Bei den gewählten Pyrolysebedingungen konnten für die eingesetzten Agrarreststoffe in pelletierter Form Feststoffausbeuten für das geformte Adsorbens von ca. 25 bis 35 % erreicht werden; gleichzeitig kommt es zu einer Volumenschrumpfung (siehe Abb. 5). Aufgrund des niedrigeren Aschegehaltes ist die Feststoffausbeute für Bagasse am geringsten.

Im Sinne der mechanischen Kenngröße konnten die geformten Adsorbentien die geforderte Ball Pan Hardness von ≥ 90 % erfüllen; für die Bagasse galt dies bei Zumischung eines geringen Anteils an Bindemittel während der Biomassepelletherstellung. Aufgrund des hohen Aschegehaltes von Reisstroh (siehe Tab. 1) konnte hier die geringere spezifische Oberfläche in der Pyrolyse generiert werden. Für Bagasse waren spezifische Oberflächen von bis zu 440



Abbildung 5: Beispielhaftes Aussehen und Volumenänderung der agglomerierten Biomasse (links) durch den Pyrolyseprozess zu einem geformten Adsorbens (rechts).

m^2/g erzielbar. Durch die chemische bzw. Gasaktivierung der geformten Adsorbentien konnten für Reisstroh bestenfalls ca. $400 \text{ m}^2/\text{g}$ und für Bagasse $530 \text{ m}^2/\text{g}$ erreicht werden.

Für die Durchbruchkurven im gasförmigen Modellsystem mit Aceton folgte der Durchbruch dieser Reihung; im wässrigen Modellsystem mit Methylenblau schnitten jedoch die Adsorbentien aus Reisstroh trotz der geringeren spezifischen Oberfläche aufgrund der besseren Benetzbarkeit des Porensystems besser ab.

4 Zusammenfassung

Im Rahmen des bilateralem Forschungsprojekts „BioMatUse“ konnte am Beispiel von Reisspelzen, -stroh und Bagasse gezeigt werden, dass es möglich ist, aus den in großen Mengen anfallenden und bisher zumeist stofflich ungenutzten Agrarreststoffen wertsteigernde Produkte über eine „einfache“ mechanische bzw. thermo-mechanische Konversion herzustellen. Diese Produkte – in Form von Bodenverbesserungsstoffe, Erosionsschutzmatten und Adsorbentien – können über ein vorteilhaft integriertes Prozessschema zur vollständigen Verwertung des rohstofflichen Potentials abgebildet werden. Das Prozessschema erlaubt dabei auch eine bedarfsgerechte Anpassung der hergestellten Zielprodukte. Besonders im Bereich der geformten Adsorbentien ist durch Optimierung der verfahrenstechnischen Bedingungen noch eine Verbesserung der erreichbaren spezifischen Oberflächen anzustreben, um in den adsorptions-spezifischen Eigenschaften noch konkurrenzfähiger zu kommerziellen Produkten zu werden.

Danksagung

Die Autoren danken dem deutschen BMBF (FKZ 031B0084) und dem vietnamesischen MoST (FKZ NDT.22.GER/16) für die finanziellen Unterstützung von „BioMatUse“ im Rahmen von „Bioeconomy international“ als auch den im Projekt involvierten, vietnamesischen und deutschen Partnern.

Literaturverzeichnis

- [1] LIM, Jeng S. ; MANAN, Zainuddin A. ; ALWI, Sharifah Rafidah W. ; HASHIM, Haslenda: *A review on utilisation of biomass from rice industry as a source of renewable energy*
- [2] *Delegation der Deutschen Wirtschaft in Vietnam (Hg.)*. http://www.erneuerbare-energien.de/EEE/Redaktion/DE/Downloads/Publikationen/AHK_Zielmarktanalysen/zma_vietnam_2014_bio.pdf?__blob=publicationFile&v=2. Version:2014
- [3] SCHALDACH, K. ; HERDEGEN, V.: *Abschlussbericht Bioökonomie international: BioMatUse -Untersuchungen zur Herstellung und zum Einsatz von neuen, hochwertigen und nachhaltigbiobasierten Produkten aus Abfall- und Reststoffen der Zucker- und Reisherstellung*. 2019
- [4] SCHALDACH, Katja ; SCHRÖDER, Hans-Werner ; HERDEGEN, Volker ; DO, Vinh N.: *A Concept for an Integrated Process Scheme for By-Products from Rice and Sugarcane Processing*
- [5] SCHALDACH, K.: *Mechanisch-thermische Konversion von Agrarreststoffen zur Herstellung geformter Adsorbentien*. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:105-qucosa2-797908>. Version:2022. – Dissertation, TU Bergakademie Freiberg
- [6] SCHALDACH, Katja ; HERDEGEN, Volker ; BRAEUER, Andreas S. ; VINH, Do N. ; TOAN, Nguyen V. ; TAM, Le V.: *Sustainable value added material use of occurring by-products from sugar and rice production in Vietnam*
- [7] SCHALDACH, Katja ; HERDEGEN, Volker ; SCHRÖDER, Hans-Werner ; REPKE, Jens-Uwe: *Activation and Forming for Improved Properties of Adsorbent Materials from Agricultural By-Products*
- [8] LEHMANN, Bastian ; SCHRÖDER, Hans-Werner ; WOLLENBERG, Ralf ; LANGE, Raimund ; REPKE, Jens-Uwe: *Effect of Process Variables on the Quality Characteristics of Pelleted Wood–Xylite Mixtures*

Behandlung der Abfälle aus Einrichtungen des Gesundheitswesens aus der Sicht des behördlichen Gesundheitsschutzes in Zusammenhang mit kommende Pflichten und Herausforderungen

Nakládání s odpady ve zdravotnických zařízeních v ČR z pohledu orgánu ochrany veřejného zdraví v souvislostech s přicházejícími povinnostmi a výzvami

Jana Loosová^{1,2}, Julie Mokrá²

Abstrakt

Prezentace seznámí se současnou situací produkce odpadů ze zdravotnictví v ČR. Poukáže na zvýšení produkce odpadů ze zdravotní péče, včetně vlivu pandemie onemocnění covid- 19. Poukáže na další souvislosti, které ovlivňují nebo mají potenciál ovlivňovat produkci a nakládání s odpady ve zdravotnictví.

Dále se prezentace zaměří na přicházející povinnosti, které ovlivní nakládání s odpady. Jedná se především o povinnosti související s novou legislativou v oblasti společenské odpovědnosti, jako je oblast odpovědného veřejné zadávání a nefinančního, resp. integrovaného reportingu. Druhá skupina vlivů souvisí s legislativou ovlivňující materiálové toky ve zdravotnických zařízeních, jako je odpadová legislativa a legislativa ovlivňující opakované používání zdravotnických prostředků.

Poslední část prezentace poukáže na roli orgánů ochrany veřejného zdraví při ovlivňování udržitelného provozu zdravotnických zařízení z pohledu environmentálních a zdravotních rizik a na možnosti využití některých metod běžně užívaných hygienami, které lze uplatnit při vyhledávání rizik v rámci nakládání s odpady, a tím přispět k naplnění výše zmíněných výzev.

Kurzfassung

In der Präsentation wird die gegenwärtige Situation in der Produktion von Abfällen aus dem Gesundheitswesen in der Tschechischen Republik vorgestellt. Es wird auf eine Steigerung der Produktion von Abfällen aus der Gesundheitspflege, einschließlich der Auswirkungen der Pandemie Covid-19, sowie auf weitere Zusammenhänge hingewiesen, die sich auf die Produktion und Behandlung von Abfällen im Gesundheitswesen auswirken, oder das Potential haben, diese zu beeinflussen.

Die Präsentation wird sich folgend auch auf die zukünftigen Verpflichtungen konzentrieren, die sich auf die Abfallbehandlung auswirken werden. Dabei handelt es sich insbesondere um die Verpflichtungen, die mit der neuen Gesetzgebung im Bereich der gesellschaftlichen Verantwortung zusammenhängen, wie es zum Beispiel eine verantwortungsvolle Auftragsvergabe sowie ein nicht finanzielles, bzw. ein integriertes Berichtswesen sind. Die zweite Gruppe von Auswirkungen hängt mit der Gesetzgebung zusammen, die Materialströme in den Einrichtungen des Gesundheitswesens beeinflusst, wie zum Beispiel die Gesetzgebung aus dem Bereich des Abfalls, oder Regelungen zur wiederholten Verwendung von Medizinprodukten.

In dem letzten Teil der Präsentation wird auf die Rolle der Gesundheitsbehörden bei der Gestaltung eines nachhaltigen Betriebes der Gesundheitseinrichtungen aus der Sicht von Umwelt- und Gesundheitsrisiken hingewiesen, sowie auf die Anwendung einiger Methoden, die durch Hygieneeinrichtungen üblich eingesetzt werden und die bei der Suche nach Risiken im Rahmen der Abfallbehandlung angewendet werden können. Somit kann ein Beitrag zur Erreichung der oben dargestellten Herausforderungen geleistet werden.

¹Krajská hygienická stanice Libereckého kraje se sídlem v Liberci, Husova 64, 46031 Liberec, jana.loosova@khslibc.cz

²Technická univerzita v Liberci, Studentská 1402/2, 46117 Liberec, Česká republika

1 Úvod

Cílem orgánů ochrany veřejného zdraví ve zdravotnickém zařízení je snižování dopadů na zdraví. Krajské hygienické stanice se snaží regulovat proces šíření nákazy ve zdravotnických zařízeních. Zdrojem nákazy je pacient, zdravotník nebo jiná osoba, přenos může být přímý, ale převažuje ten nepřímý prostřednictvím vehikula, a to buď specifickými prostředky (zátky, nefyziologické vstupy, přístroje, infuzní roztoky, nástroje) nebo nespecifickými prostředky (ovzduší, voda, strava, prádlo plochy, předměty, hmyz, odpady). Situaci ve zdravotnickém zařízení komplikuje navíc přítomnost vnímavých osob (děti, senioři, těhotné, chronicky nemocní) s akutním onemocněním vyžadujícím hospitalizaci.

Odpady patří mezi nespecifické prostředky přenosu nákazy. Rizika nespočívají jen v přítomnosti infekčního agens, ale i v tom, že obsahují ostré předměty, nepoužitelná léčiva, toxické chemické látky, genotoxické a karcinogenní látky, radioaktivní látky a kromě toho, že vyžadují na základě své charakteristiky zvláštní nakládání a zvláštní způsob odstranění, tak v případě anatomického odpadu vyžadují i přístup etický.

Celková produkce odpadu ve zdravotnických zařízeních se od roku 2013 do roku 2021 v České republice zvýšila o 35 % a růst této produkce je prakticky lineární. Lze pozorovat vliv pandemie v přesunu odpadu z kategorie „ostatní“ do „nebezpečný“, a to i přes omezení některých druhů zdravotní péče. Největším původcem zdravotnických odpadů jsou nemocnice. Ty vyprodukují více než 55 % všech zdravotnických odpadů. Dalším významným původcem jsou léčebny dlouhodobě nemocných a domovy seniorů (více než 22 %). V ostatních zdravotnických zařízeních a mimo ně se každoročně vyprodukuje přes 20 % zdravotnických odpadů. Z domácí péče pochází 1-2 % produkce. [1]

2 Významné posuny ve vnímání problematiky odpadů ze zdravotní péče

Celosvětově nemocnice a další zdravotnická zařízení produkují stále větší množství odpadu, z něhož přibližně 15 % může být infekční, toxický nebo radioaktivní. V České republice díky legislativou požadované poměrně detailní evidenci odpadů je potvrzena převaha infekčních odpadů. Světová zdravotnická organizace (dále jen WHO) se touto problematikou zabývá již od 80. let 20. století. Zpočátku se zaměřila na postupy v zemích s vysokými příjmy, později se soustředila na země středně a nízko příjmové, přičemž hlavním problémem byly nezabezpečené způsoby likvidace odpadu na skládkách a nevyhovující spalovny. Postupně došlo k několika posunům v chápání této problematiky.

První posun se týkal rozšíření zaměření nejen na složku zdravotnického odpadu považovanou za nebezpečnou, ale na ostatní typy odpadu, které zdravotní péče přináší, především v kontextu nutnosti čelit stárnutí populace, a tím i přesunu části péče mimo systémy nakládání s infekčními odpady ve zdravotnických zařízeních.

Druhý významný posun spočívá v převzetí odpovědnosti za vznik zdravotnického odpadu a zaměření na prevenci a předcházení jeho vzniku.

WHO opakovaně vyjadřuje znepokojení nad nedostatečným povědomím o zdravotních rizicích spojených s odpady ze zdravotnictví. Upozorňuje také na nedostatečné školení v oblasti správného nakládání s odpady, neexistenci systémů nakládání s odpady a jejich likvidace a nedostatečné finanční a lidské zdroje věnované tomuto tématu [2]. Problematiku řeší i Program OSN pro životní prostředí (UNEP) [3] nebo mezinárodní nezisková organizace Healthcare Without Harm (HCWM) [4]. Překvapivé je, že podle výše uvedených zdrojů pouze 58 % zemí má v současné době zavedeny odpovídající systémy likvidace odpadu ze zdravotnictví, přičemž v mnoha z nich buď chybí konkrétní politika, nebo se nedaří prosazovat tu stávající. Pro řešení tohoto problému se výše zavedené organizace a jejich partneři zasazují o zavedení několika politik. Tyto politiky zahrnují třídění odpadu, bezpečné a ekologicky odpovědné zpracování nebezpečného zdravotnického odpadu a rozvoj komplexních systémů a strategií založených na zvýšené informovanosti o tomto problému.

Omezená využitelnost výše zmíněných obecných doporučení se odvíjí od celospolečenských změn, které se promítají do přehodnocení poslední fáze životního cyklu vzhledem z pohledu materiálových toků jejichž konečným důsledkem je i značný útlum skládkování. Výše zmíněné materiály obsahují informace, které představují obecná doporučení, bez ohledu na region a stádium implementace příslušných politik pro prevenci a nakládání s odpady ze zdravotní péče. Tím dochází k jistému dílčímu i koncepčnímu zastarávání těchto doporučení ve vztahu ke konkrétní situaci v konkrétní zemi. Vývoj materiálových požadavků ve zdravotnických zařízeních a vývoj vhodné infrastruktury a kontrolních mechanismů v oblasti odpadového hospodářství na celonárodní úrovni je přitom výrazně nerovnoměrný i na úrovni samotné EU.

3 Bezpečnost pro pacienta a bezpečnost pro životní prostředí

Budování infrastruktury pro nakládání s odpady ze zdravotní péče bylo poznamenáno celospolečenskými požadavky, kde proti sobě vystupuje téma bezpečnosti pacienta při akutní péči a zaměstnanců ve zdravotnictví a na druhé straně regulace v oblasti bezpečného provozu technologií z hlediska dopadů na životní prostředí a veřejné zdraví.

Tento střet zájmů se promítá i do protichůdných požadavků na úrovně zajištění samotné péče, kde se kvůli bezpečnosti pro pacienty přiklání např. k využívání jednorázových zdravotnických prostředků kvůli incidentům způsobeným pochybením při resterilizaci opakovaně využitelných zdravotnických prostředků, zejména z vyšších rizikových tříd, které jsou zaváděny do těla pacienta.

Z obecného pohledu ochrany veřejného zdraví byla v celé řadě vysokopříjmových zemí prosazována řešení, která snižují rizika již u zdroje, tj. k odstranění nebezpečných vlastností odpadu přímo u zdroje. Svou roli hrála odpovědnost původce za případné nežádoucí události. Zdravotnická zařízení původně využívala vlastní zařízení pro termickou úpravu, ale vzhledem k rostoucím požadavkům na environmentálně bezpečný provoz těchto zařízení se později dle finančních možností vybavila alternativními systémy dekontaminace a úpravy odpadu tak, aby se vyhnuli regulacím spojeným s provozem spaloven, a přitom ze zařízení odcházel již inertní odpad vhodný k jakékoliv formě skládkování, které celosvětově představovalo nejméně nákladný způsob konečného odstranění.

V závislosti na procesu odstranění může být stejný materiál buď jenom odpadem nebo cennou surovinou. Určitá forma zpracování odpadu může mít pozitivní, avšak jen krátkodobé účinky, ale z dlouhodobého hlediska ve výsledku negativní dopady, nebo pozitivní účinky pouze pro některé skupiny obyvatel (pacienti a zaměstnanci ve zdravotnictví) a negativní pro širokou veřejnost. Z pohledu zdraví pouze dochází k redistribuci zdravotních rizik směrem k chronickým expozicím prostřednictvím složek životního prostředí (voda, vzduch, půda).

4 Hledání hranice přijatelnosti pro nová řešení

Kde je hranice přijatelnosti redistribuce těchto rizik? A jak se dá tato hranice stanovit? Obecně je při vnímání rizik laická veřejnost citlivější na akutní a obtížně kontrolovatelná rizika. Zároveň je benevolentní k chronickému působení škodlivých látek, především je-li s tímto spojen bezprostřední užitek. Schopnost stanovit hranici přijatelnosti zdravotního rizika při zapojení veřejnosti je tedy pokaždé zatížena celou řadou zkreslení ve srovnání s výsledky objektivních expertních výstupů.

Metody, které se částečně snaží reflektovat tyto zásadní diskrepance, jsou z oblasti epidemiologie pro oblast dopadů na veřejné zdraví a měření kvality života pacientů pro oblast bezpečnosti pacienta. Standardizované dotazníky pro výzkum přínosů nových zdravotnických technologií v rámci klinických studií sledují změnu tzv. QALY – Quality Adjusted Life-Years oproti žádné nebo stávající standardní léčbě. Epidemiologové při porovnání zátěže populace nemocemi sledují zase celkový počet tzv. DALY – Disability Adjusted Life Years. Přestože

QALY i DALY shodně vyjadřují sumu ztracených let života vlivem nemoci nebo předčasného úmrtí v dané skupině, tak QALY tak činí na základě subjektivních vah a DALY na základě expertně stanovených vah pro každou nemoc, poškození zdraví, či jinou změnu zdravotního stavu. V řeči kliniků, hygieniků a epidemiologů tedy otázka zní: Kolik QALY přinesou pacientům zvýšené nároky na bezpečnost zdravotnických prostředků a využívání jednorázových pomůcek ve srovnání s DALY, které jsou spojené s nakládáním a odstraněním většího množství odpadu? V řeči ekologů lze využít výsledků LCA (Live Cycle Assessment) studií, srovnávající jednorázové a opakovaně používané zdravotnické prostředky a redistribuci dopadů jejich životního/životních cyklů užívání na jednotlivé kategorie dopadu, včetně humánní toxicity. Tyto přístupy jsou nutné k vytvoření komplexního obrazu o situaci doplnit o pohled ekonomů zajišťující hospodaření zdravotnického zařízení, kteří používají analýzu nákladů a přínosů jednotlivých scénářů řešení, případně analýzu dopadů na rozpočet.

4.1 Integrované vykazování a role odpadů a bezpečnosti

Důvodem, proč byly představeny tyto nefinanční ukazatele, je snaha o využití stávajících postupů pro vyjádření environmentálních a sociálních aspektů provozu zdravotnických zařízení. Principy propojení finančního účetnictví s naturálními jednotkami a výkony podniku v sociální a environmentální oblasti jsou základem tzv. nefinančního, resp. integrovaného vykazování. Prozatím dobrovolné nefinanční nebo integrované vykazování se řídí mezinárodními standardy a ty mají ve svém základu jak např. bezpečnost zaměstnanců, tak množství odpadů. Dobrovolné zveřejnění nefinančních nebo integrovaných výkazů se ukázalo jako důležitý prvek pro rozhodování investorů na globálním finančním trhu a tím se stalo i důležitým nástrojem pro další podporu rozvoje environmentálně odpovědného provozu zdravotní péče. Důkazem toho jsou přípravy na povinnost vykazovat tyto nefinanční ukazatele vyplývající z nového Nařízení (EU) 2022/2464 Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD) navazující na tzv. Zelený úděl [5].

4.2 Dostupnost technické infrastruktury pro nakládání se zdravotnickými technologiemi v průběhu celého jeho životního cyklu

Odpad ze zdravotnictví má zdravotnické, hygienické, environmentální, ekonomické, logistické, kulturní a finanční důsledky. Každá výše uvedené složka je součástí širšího systému. Např. zdravotníci mají dostupné kvalitní jednorázové zdravotnické prostředky pro pokročilou zdravotní péči, ale nemají možnost je efektivně odstraňovat apod. Řešením může být jak zavedení kvalitního autorizovaného reprocessingu, tak tlak na okamžité odstranění a znehodnocení zdravotnického prostředku. V ČR docházelo často k plnému outsourcingu služeb bez jakékoliv motivace ke snižování množství nebo nebezpečných vlastností odpadu. Zároveň díky vyspělému systému evidence toků odpadů v rámci celého odpadového hospodářství byly minimalizovány nežádoucí odklony materiálových toků ze zdravotnictví do jiných než k tomuto určených zařízení [6].

Problematika odpadu ze zdravotní péče lze interpretovat jako příklad současného všeobecného boje společnosti s obecným nárůstem produkce odpadu, a to v situaci, kdy je řešena agenda „Zeleného údělu“ v EU, přechod na cirkulární ekonomiku, dekarbonizace ekonomiky a dalších související agendy udržitelnosti. Oproti tomu rostou nároky na bezpečnost pacienta i zaměstnanců a s tím spojené povinnosti pro výrobce i poskytovatele zdravotní péče vyplývající z nového Nařízení EU o Zdravotnických prostředcích (MDR Regulation) [7].

V závislosti na zvoleném úhlu pohledu je odpad ve zdravotnictví především

1. technickým problémem, který vyžaduje lepší metody odstranění,
2. organizačním problémem, který vyžaduje lepší koordinaci, řízení a regulaci jednotlivých subjektů a materiálových toků, nebo

3. sociálním problémem, který vyžaduje celistvější přístup veřejnosti a odborníků k využívání zdrojů ve prospěch zdraví společnosti, jak to naznačuje koncept cirkulární ekonomiky a důraz na prevenci nemocí, a tím i plýtvání zdravotní péčí.

5 Legislativní prostředí ČR ovlivňující nakládání s odpady ze zdravotní péče a role orgánů ochrany veřejného zdraví

Nejdůležitější legislativní změnou měnící rámec nakládání s odpady je zákon č. 541/2020 Sb., o odpadech, ve znění pozdějších předpisů, jehož účinnost nastala 1. ledna 2021 (dále také jen zákon nebo zákon o odpadech) [8]. Nově vznikl celý díl 10 nazvaný Odpady ze zdravotní a veterinární péče. Zde je včleněna povinnost vypracování pokynů nakládání s odpadem v rámci provozního řádu vznikající podle zákona o ochraně veřejného zdraví; jsou zde řešeny odpady z domácí péče, je pořešena definitivně záležitost odpadů v lékárnách z hlediska evidence odpadů, také je kladen důraz na školení ve zdravotnických zařízeních.

Ve vyhlášce č. 273/2021 Sb. o podrobnostech nakládání s odpady, ve znění pozdějších předpisů) [9], v § 72 ke zdravotnickému odpadu je řešen rozsah třídění odpadů, soustředovací prostředky, povinnost odstraňovat jej denně z pracoviště, tak jak to požadováno vyhláškou č. 306/2012 Sb., o podmínkách předcházení vzniku a šíření infekčních onemocnění a o hygienických požadavcích na provoz zdravotnických zařízení a ústavů sociální péče, ve znění pozdějších předpisů. Dále pak u vysoce infekčního odpadu je uložena povinnost upravit jej bezprostředně po vzniku dekontaminací certifikovaným technologickým zařízením. Přílohy vyhlášek řeší náležitosti pokynů pro nakládání s odpady ze zdravotnictví, kategorie zaměstnanců pro účely školení pro nakládání s odpady ze zdravotní péče a požadavky na obsah školení.

Úprava odpadů ze zdravotní péče je detailněji zakotvena v § 74, který ukládá v provozním řádu zařízení určeného pro nakládání s odpady, které provádí odstranění nebezpečné vlastnosti HP9 infekčnost, s tím že musí být uveden způsob a četnost kontroly účinnosti dekontaminace včetně nastavení fyzikálních, chemických a biologických indikátorů.

Očekávaný rozvoj zdravotní péče poskytované ve vlastním sociálním prostředí pacienta vlivem demografické situace je prozatím ukotven pouze v několika zásadách v § 89.

Problematiku pokrývá v lednu 2023 zveřejněná aktualizovaná a rozšířená „Metodika pro nakládání s odpady ze zdravotnických, veterinárních a jim podobných zařízení“, která řeší detailně jednotlivé aspekty celého procesu nakládání s tímto odpadem na základě doporučených postupů WHO [10]. Rozšíření s názvem „Pokyny pro nakládání s odpady z vybraných činností ze zdravotní péče ve zdravotnických ambulantních zařízeních, činnostech epidemiologicky závažných a ve vlastním sociálním prostředí pacienta“ detailněji vymezuje plnění povinností zákona v prostředí, v nichž se také produkuje a nakládá s odpadem spadajícím pod kat. č. 18 01.

Z výše uvedeného vyplývá, že stát reguluje výrazněji odpady ze zdravotní péče, ukládá povinnost zdravotnickým zařízením se jimi zabývat a řídit dopady z nakládání s nimi v pokynech a klade důraz na školení. Nově otevírá i odpady vznikající ve vlastním sociálním prostředí pacienty.

Jakou roli v této oblasti hrají orgány ochrany veřejného zdraví? Krajské hygienické stanice ovlivňují zdravotnická zařízení komplexně, v době projektování a výstavby nebo rekonstrukce zdravotnického zařízení (nastavení pracoviště zaručující minimalizaci zdravotních rizik, protiepidemická opatření při rekonstrukcích zdravotnických zařízení zamezující kontaminaci stávajícího provozu), schvalováním provozního řádu, kde jsou nastaveny hygienická a protiepidemická pravidla (opatření) k zajištění bezpečného provozu zařízení a kontrolou plnění legislativních požadavků a provozního řádu ve zdravotnickém zařízení během jeho provozu.

Provozního řád je preventivní nástroj a zpracovává se pro budoucího zdravotnického pracoviště a aktualizuje se u stávajících zdravotnických zařízení pokaždé pokud dojde ke změně dispozičního uspořádání pracoviště, vybavení pracoviště novými přístroji, rozšíření poskytování zdravotních služeb apod. Provozní řád zahrnuje pokyny pro nakládání s odpady. Krajské hy-

gienické stanice zveřejnily „manuál“ na zpracování pokynů a ten byl vydán i v rámci metodiky aktualizované Státním zdravotním ústavem v Praze. Pro zhodnocení úplnosti provozního řádu využívá orgán ochrany veřejného zdraví kontrolní list, který zaručuje, že pokyny obsahují vše podstatné. Tyto pomůcky lze využít při aktualizacích provozních řádů nebo u nového provozního řádu při zřízení nového zdravotnického zařízení a měly by zaručit, že nastavená pravidla odpovídají konkrétním zdravotním rizikům v zařízení a režimu nakládání s odpady.

V rámci státního zdravotního dozoru se krajské hygienické stanice zaměřují na pracovní prostředí, stravování, komunální prostředí a kontrolují dodržování povinností zdravotnickými zařízeními v předcházení vzniku a šíření infekcí a na úseku boje proti nozokomiálním nákazám. V případě zjištěných nedostatků jsou aplikována příslušná opatření. K vyhledávání rizikových míst v rámci zdravotnického zařízení při nakládání s odpady lze využít kontrolní list, který zahrnuje i legislativní požadavky. Tento nástroj je možné využívat jak zdravotnickým zařízením, tak orgánem ochrany veřejného zdraví.

Cílem přístupu orgánu ochrany veřejného zdraví je zajistit systém ve zdravotnických zařízeních, který bude vyrovnávat dopady na zdraví, předcházet vzniku odpadů, snižovat vliv na životní prostředí, a to vše při ekonomické udržitelnosti.

Jak vyplývá z výše uvedeného textu popisující přicházející povinnosti bude třeba pokračovat v transformaci procesů a přístupů ve zdravotnických zařízeních zahrnující i řešení nakládání s odpady.

Literatura

- [1] CENIA: *Poskytnutá zdrojová data z Informačního systém odpadového hospodářství (ISOH, VISOH)*. Prosinec 2020.
- [2] WHO: *Overview of technologies for the treatment of infectious and sharp waste from health care facilities*. http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/technologies-for-the-treatment-of-infectious-and-sharp-waste/en/, WHO, 2019, [accessed Jul. 23, 2020].
- [3] UNEP: *Compendium of Technologies for Treatment/Destruction of Healthcare Waste*. <http://www.unenvironment.org/resources/report/compendium-technologies-treatmentdestruction-healthcare-waste>, uNEP - UN Environment Programme, Sep. 16, 2017, [accessed Jul. 23, 2020].
- [4] HCWH: *Sustainable healthcare waste management in the EU Circular Economy model | European Circular Economy Stakeholder Platform*. <https://circulareconomy.europa.eu/platform/en/toolkits-guidelines/sustainable-healthcare-waste-management-eu-circular-economy-model>, 2021, [accessed Jul. 21, 2021].
- [5] NAŘÍZENÍ EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (EU) 2022/2464 (Nařízení CSRD). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32022L2464>, [WWW Document].
- [6] MŽP ČR, 2020: *Podklady pro oblast podpory odpadového a oběhového hospodářství jako součást Programového dokumentu v Operačním programu Životní prostředí 2021–2027*. https://www.mzp.cz/cz/odpadove_obehove_hospodarstvi, [WWW Document], [accessed 7.12.2022].
- [7] NAŘÍZENÍ EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (EU) 2017/745 (Nařízení MDR). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32017R0745>, [WWW Document], [accessed 5.3.2022].
- [8] Zákon č. 378/2007 Sb., o léčivech a o změnách některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů (Zákon o léčivech). Sbírka zákonů 2007, částka 115, str. 5342.
- [9] Vyhláška č. 273/2021 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady. Sbírka zákonů 2021, částka 119, str. 2826.
- [10] SZÚ: *Metodika pro nakládání s odpady ze zdravotnických, veterinárních a jim podobných zařízení. 2022*. https://szu.cz/wpcontent/uploads/2023/03/AHEM_3_2022.pdf, [WWW Document], [accessed 2. 2. 2023].

Die abfallarme Baustelle als Beitrag zur Erhöhung der Verwertungsquote von Abfällen gemäß der Ersatzbaustoffverordnung

Nízkoodpadové staveniště jako příspěvek ke zvýšení míry zhodnocování odpadů v souladu s nařízením o sekundárních stavebních hmotách

Said Al-Akel¹

Kurzfassung

Die Baubranche ist der größte Erzeuger von Abfällen und insbesondere mineralischer Bauabfälle. Bei Infrastrukturbaumaßnahmen, die umfassende Tiefbauarbeiten erfordern, wird ein Teil des Bodenaushubs oftmals entsorgt und bildet somit einen Großteil des jährlichen Abfallstromes. Da der verfügbare Deponieraum immer knapper wird, steigen die Kosten für die Entsorgung und demzufolge für die Baumaßnahmen. Aus Gründen der Nachhaltigkeit und des Schutzes natürlicher Ressourcen ist es daher erforderlich, andere Verwertungsmöglichkeiten anzustreben.

Durch Optimierung der Prozesse auf der Baustelle kann das Abfallaufkommen reduziert und die Verwertungsquote erhöht werden. Ein wichtiger Bestandteil der abfallarmen Baustelle besteht darin, die Prozesse auf der Baustelle so zu gestalten, dass die Einflüsse auf die lokale Umwelt minimiert werden. Es muss dabei großer Wert auf die Vermeidung von Abfällen und das hochwertige Recycling von Bauabfällen gelegt werden. Das Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) liefert die rechtlichen Grundlagen dafür. Das Gesetz legt fest, dass Abfälle in der Bauplanung und im Bauausführungsprozess grundsätzlich vermieden oder wiederverwertet werden sollen. Nicht vermeidbare und nicht verwertbare Abfälle müssen umweltverträglich beseitigt werden. Durch Fraktionierung der Reststoffe auf der Baustelle kann die Voraussetzung für ein späteres hochwertiges Recycling geschaffen werden. Die Fraktionierung verringert die Menge an Mischabfällen und ist damit derzeit die wirtschaftlichste, praktikabelste und umweltverträglichste Lösung. Durch entsprechende Schulung des Personals und Kontrollen kann die sortenreine Trennung auf der Baustelle gewährleistet werden. Bereits in der Ausschreibungsphase kann das Abfallentsorgungskonzept optimiert und die Baustelleneinrichtung sowie die Arbeitsabläufe daran orientiert werden.

Ressourceneffizienz ist nicht nur ökologisch und gesellschaftlich bedeutsam, sondern auch von großer wirtschaftlicher Relevanz für Unternehmen. Paradoxerweise stehen die immer strenger werdenden Umweltschutzanforderungen im Widerspruch zur Ressourceneffizienz und Erhalt des größten Teils der mineralischen Stoffe im Wirtschaftskreislauf. Dieser Umstand wird anhand der im August 2023 eingeführten Ersatzbaustoffverordnung demonstriert.

Českou verzi abstraktu najdete na další stránce.

¹Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig, Fakultät Bauwesen, said.al-akel@htwk-leipzig.de, +49 (341) 3076 6439

Abstrakt

Stavebnictví představuje největšího původce především minerálních odpadů. V případě infrastrukturních stavebních projektů, zahrnujících i hlubinné stavby, je část vytěžené zeminy často likvidována a tvoří tak velkou část každoročního toku odpadů. Disponibilní prostor na skládkách se stále zmenšuje, rostou náklady na likvidaci a v důsledku toho i stavebních prací. S ohledem na udržitelný rozvoj a nutnost ochrany přírodních zdrojů je tedy třeba usilovat o jiné možnosti zhodnocení těchto odpadů.

Optimalizací procesů na staveništi lze snížit objem odpadů a zvýšit míru jejich zhodnocení. Důležitou součástí nízkoodpadového staveniště je organizace procesů na stavbě tak, aby došlo k minimalizaci vlivů na místní životní prostředí. Velký důraz je přitom nutno klást na zamezování vzniku odpadů a kvalitní recyklaci stavebních odpadů. Zákon o cirkulární ekonomice (Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG)) k tomu poskytuje legislativní rámec. Zákon stanovuje, že během fáze projektování stavby a během vlastní realizace stavebních prací je nutno zásadně zabránit vzniku odpadů, nebo je znovu využít. Odpady, jejichž vzniku nelze zabránit, a které nelze zhodnotit, je nutno ekologicky odstranit. Pomocí frakcionace zbytkových látek na staveništi lze vytvořit předpoklady pro pozdější kvalitní recyklaci. Frakcionace snižuje množství směsných odpadů a tím v současné době představuje nejekonomičtější, nejpraktičtější a nejekologičtější řešení. Pomocí odpovídajícího proškolení zaměstnanců a kontrol lze zajistit čistou separaci odpadů na staveništi. Koncept likvidace odpadů lze optimalizovat již během fáze zadávacího řízení a podle ní řídit zařízení staveniště a pracovní procesy.

Efektivní využívání zdrojů není významné pouze ekologicky a společensky, ale je pro firmy i ekonomicky velmi relevantní. Paradoxem je však skutečnost, že stále přísnější požadavky na ochranu životního prostředí jsou v rozporu s efektivním využíváním zdrojů a zachováním velké části minerálních látek v ekonomickém koloběhu. Tato skutečnost bude v příspěvku demonstrována na příkladu nařízení o sekundárních stavebních hmotách, které bylo zavedeno v srpnu 2023.

Kontrolltätigkeit der Tschechischen Umweltinspektion bei der Behandlung der Abfälle aus dem Gesundheitswesen

Kontrolní činnost ČIŽP při nakládání se zdravotnickými odpady

Pavλίna Dvořáková¹

Abstrakt

V příspěvku bude zmíněn v úvodu přehled legislativy pro odpadové hospodářství v ČR, nová vyhláška pro TAP, dále zazní zkušenosti z kontrol inspekce v oblasti termického zpracování odpadů, zejména infekčních odpadů a budou představena nejčastější zjištění z kontrol zaměřených na nakládání se zdravotnickými odpady (vliv pandemie, požadavek na omezení skládání a novelizace vyhlášky), dekontaminace infekčních odpadů. Stručně budou dále sdělena zjištění z prováděné kontrolní činnosti při nakládání se rtuť.

Představeny budou mj. limitní parametry stanovené nově národní legislativou pro strusku ze spalování komunálních odpadů pro zasypávání.

Kurzfassung

In dem Beitrag werden Feststellungen aus Kontrollen behandelt, die auf die Behandlung der Abfälle aus dem Gesundheitswesen ausgerichtet waren (Auswirkungen der Covid-19 Pandemie, Anforderungen auf Einschränkungen des Deponierens und Novellierung der Richtlinie), Dekontaminierung von infizierten Abfällen, thermische Behandlung von Abfällen).

Es werden kurz die Anforderung der Abfallgesetzgebung in der Tschechischen Republik sowie die neue Richtlinie für TAP angesprochen, bzw. Grenzwerte vorgestellt, die durch die nationale Gesetzgebung für als Verfüllung verwendete Schlacken aus der Verbrennung von kommunalen Abfällen festgelegt werden.

¹Česká inspekce životního prostředí, Ředitelství, Odbor technické ochrany a integrované prevence, Oddělení odpadového hospodářství, Na Břehu 267, 190 00 Praha 9, pavlina.dvorakova@cizp.cz

1 Úvod

Kontrolní činnost ČIŽP v oblasti odpadového hospodářství se zaměřuje na zařízení určená k úpravě či odstraňování odpadů (sklárky odpadů), na zařízení k využití odpadů na zasypávání, na zařízení ke sběru odpadů, na přeshraniční přepravu odpadů a na původce odpadů (vč. producentů zdravotnických odpadů). Zákon o odpadech č. 541/2020 Sb. je účinný od 1. 1. 2021 (nahradil zákon č. 185/2001 Sb., který byl účinný od 1. 1. 2002). Prováděcí vyhlášky vstupovaly v účinnost postupně (č. 8/2021 Sb., č. 273/2021 Sb., č. 169/2023 Sb.).

2 Kontroly některých původců zdravotnických odpadů v roce 2022

V roce 2022 provedla ČIŽP u vybraných velkých původců (produkce odpadů ze zdravotní péče v množství nad 10 t/rok) zaměřených na nakládání se zdravotnickými odpady (skupina 18) v návaznosti na novou právní úpravu (zákon č. 541/2020 Sb., vyhl.č. 273/2021 Sb.). V případě, kdy původce provozoval zároveň zařízení pro nakládání se zdravotnickými odpady (sběr, dekontaminace), byl ze strany ČIŽP zkontrolován rovněž provoz takového zařízení.

Cílem kontrol ČIŽP bylo zjištění znalostí u daných původců o nových požadavcích a povinnostech vyplývajících ze zákona č. 541/2020 Sb., o odpadech („zákon o odpadech“), s důrazem na dodržování ust. §§ 88 – 90, a především vyhlášky č. 273/2021 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady, v platném a účinném znění („vyhl. č. 273/2021 Sb.“), která v ust. §§ 72 – 75 a příl. č. 48-51 vymezila novým způsobem povinnosti týkající se nakládání s odpady ze zdravotní a veterinární péče.

ČIŽP OOH zkontrolovala celkem 49 zdravotnických zařízení (převážně nemocnic) jako původců odpadů a také 9 zařízení k nakládání s odpady provozovaných v prostorách těchto zdravotnických zařízení. Celkem 8 z kontrolovaných zařízení v rámci zdravotnického, resp. nemocničního provozu, bylo provozováno na základě souhlasu příslušného krajského úřadu. Jednalo se o sběr odpadů (6 x zařízení), spalovna odpadů (1 x spalovna povolena jako využívání odpadů), dekontaminační zařízení k úpravě odpadů dekontaminací (3 x).

Kontroly ČIŽP byly uskutečněny primárně s preventivním záměrem, aby byli největší producenti zdravotnických odpadů upozorněni na změnu legislativy na úseku odpadového hospodářství. Důrazná upozornění byla ze strany inspektorů sdělena producentům zejména ve vztahu k povinnostem daným zákonným ust. § 89 odst. 1, kdy nejpozději do konce roku 2022 musela být součástí provozních řádů zdravotnických zařízení - část „Pokyny pro nakládání s odpady“ zpracované dle vyhl. č. 273/2021 Sb. a schválené příslušnou krajskou hygienickou stanicí, též musel být nastaven systém soustřeďování odpadů a od 1. 1. 2023 muselo probíhat dle nově nastavených požadavků předmětné vyhlášky. Dále byli producenti zdravotnických odpadů upozorněni na ust. § 90 zákona o odpadech, tzn. na povinnost pravidelného proškolení odborně způsobilou osobou dle požadavků daných vyhl. č. 273/2021 Sb.

Základním aspektem kontrol bylo fyzické nakládání s odpady, zejména jejich oddělené soustřeďování, zda v prostorách zdravotnických pracovišť jsou odpady soustřeďovány řádným způsobem odděleně ve vhodných soustřeďovacích prostředcích, zda nádoby či prostředky jsou správným způsobem označené, zda místa nakládání s NO jsou vybavena identifikačními listy daného nebezpečného odpadu, atd.

2.1 Soustřeďování odpadů a soustřeďovací/shromažďovací prostředky

Pro ukládání vznikajících odpadů na odborných odděleních byl v prostorách zdravotnického zařízení nejčastěji zaveden systém barevně odlišených plastových pytlů: např. červený – nebezpečný odpad určený ke spálení ze zdravotnických činností, černý – patologicko-anatomický odpad, modrý – směsný komunální odpad, transparentní/čiré – další odpady kategorie „ostatní“ i „nebezpečné“. Systém však není ve zdravotnických zařízeních zcela shodný, každé zdravot-

nické zařízení si řeší v určitých nuancích odlišně, když např. někde jsou zavedeny černé pytle pro směsný komunální odpad, někde jsou žluté pytle určeny pro „neinfekční“ odpady.

Pro ostré předměty (např. jehly, skalpely), pro drobný anatomický odpad či vyřazená léčiva jsou určeny speciální soustředovací prostředky – uzavíratelné plastové nepropíchnutelné kontejnery – na zdravotnické odpady známé pod názvem Medi box nebo Klinik box.

Nejběžněji probíhá manipulace s odpady následovně: z jednotlivých oddělení poskytované zdravotnické péče se odpady přenesou na sběrná místa v jednotlivých budovách, ze sběrných míst v budovách (pavilonech) se dále sváží na centrální sběrné místo (centrální shromaždiště odpadů), odkud jsou odpady odváženy oprávněnou osobou. Infekční odpady jsou soustředovány maximálně 3 dny, chlazené odpady max. 1 měsíc s tím, že infekční odpady jsou z nemocnic nejčastěji odváženy 3x týdně (z kapacitních důvodů daného zdravotnického zařízení,), mnohdy jsou infekční odpady odváženy denně.

Zcela výjimečně byla k dispozici váha pro zjištění hmotnosti vznikajícího odpadu, kdy však byla hmotnost zapisována za každý umístěný soustředovací prostředek do evidence, nikoliv na soustředovací prostředek se vznikajícím odpadem. Údaje o hmotnosti, příp. dalším nakládání s odpady, nebyly na soustředovacích prostředcích běžně uváděny, protože údaje o váze odpadů jsou převzaty až zpětně na základě údajů od zařízení oprávněných osob, kterým jsou odpady předávány k likvidaci.

Kontrolami ČIŽP byla zjištěna v 11 případech porušení, kdy za zjištěné nedostatky byla vedena přestupková řízení. Závažná zjištění při nakládání se zdravotnickými odpady spočívala v chybném označení při soustředování odpadů, když infekční odpady byly v neuzavřených naplněných plastových pytlích (nebezpečný odpad kat. č. 18 01 03*), s chybným označením shromažďovacího prostředku (jako SKO), nebo ve shromažďovacích prostředcích bez řádného označení, na centrálním shromaždišti nebyly dále soustředovány odděleně produkované nebezpečné odpady, ostrý odpad byl soustředován v prostředcích nesplňující stanovené technické požadavky. Dále byly zjištěny nedostatky spočívající v neprovedení školení v pravidelném intervalu. Zjištěny byly také nedostatky, kdy se zjištěná porušení netýkala nakládání se zdravotnickými odpady podskupiny 18 01, ale jednalo se o odpady mimo zdravotnickou produkci, např. nedostatky ve vedení evidence o odpadech (Olomoucký kraj), nedostatky v neodděleném soustředování a chybné zařazení produkované odpadů podle druhu (Kraj Vysočina). V případě kontrol zařízení ke sběru odpadů, které provozují přímo zdravotnická zařízení (především za účelem přebírání odpadů od privátních lékařů) nebyla identifikována porušení zákonných předpisů. Provoz lékáren a domácí péče nebyly předmětem série uvedených kontrol.

3 Kontroly některých zařízení pro úpravu zdravotnických odpadů u původců - dekontaminace zdravotnických odpadů v roce 2022

Dekontaminační zařízení (CONVERTER H200) v nemocnici v rámci Středočeského kraje je provozováno od února 2022, ale často je jedno ze dvou instalovaných converterů mimo provoz, nastávají opakované výpadky (problémy s provozem). V zařízení dochází k redukci hmotnosti o cca 20% a k redukci objemu o cca 70%. Následné skladování a další nakládání, vč. přepravy, je tak usnadněno. Sterilizovaný odpad je vysušen, rozdrcen, neobsahuje ostré předměty, nepáchá a neobsahuje části, které by byly okem rozpoznatelné. Sklo v odpadu je rozmělněno na prach. Jehly a jiné kovové součásti jsou rozdrceny na malé částičky bez ostrých hran. Upravený odpad je zbaven nebezpečné vlastnosti HP 9 Infekčnost a může být zařazen jako odpad kategorie ostatní pod kat. č. 18 01 04 nebo pod kat. č. 19 12 10. V nemocnici je upravený odpad v souladu s PŘ „Sběrný dvůr“ zařazen, zejména s ohledem na jeho vysokou výhřevnost (cca 6900 kCal/kg) dle předložených rozborů odpadu upraveného dekontaminací a Odborné stanovisko SZÚ k zařízení Converter, jako odpad kat. č. 19 12 10 Spalitelný odpad (palivo vyrobené z odpadu) – odpad vhodný na výrobu energie spálením. Fakticky však dochází k předání odpadu 19 12 10 přes mobilní zařízení do spalovny AVE Kralupy nad Vltavou, tedy dekontami-

novaný odpad fakticky není využíván jako palivo.

Kontrolovaná osoba předložila „Hodnocení účinnosti dekontaminace přístroje CONVERTER“ (vydáno SZÚ), dále doklad „Zpráva o výsledcích laboratorních vyšetření vzorků ze zařízení CONVERTER H200 pro dekontaminaci odpadů ze zdravotnických zařízení („Zpráva o dekontaminaci“), vč. protokolů o zkouškách odpadu, doklad nazvaný „Potvrzení platnosti odborného stanoviska k zařízení Converter“ (vydáno SZÚ). Dále doklad „Odborné stanovisko k zařízení Converter“ (vydáno SZÚ) a „Potvrzení platnosti odborného stanoviska k zařízení Converter“ (vydáno SZÚ), z nichž vyplývá, že zařízení Converter výrobce OMPECO S.r.l. (Itálie), je vhodným dekontaminačním zařízením nebezpečných zdravotnických odpadů pomocí parní sterilizace a destrukce v jednom kroku, jelikož se jedná o automatizovaný proces – proces dekontaminace je po celou dobu monitorován a kontrolován. Při dodržení nastaveného procesu dekontaminace je zdravotnický odpad zbaven nebezpečné vlastnosti odpadu HP 9 Infekčnost a může být zařazen jako odpad kategorie ostatní.

Dekontaminační zařízení v Moravskoslezském kraji je v provozu od března 2022. Jedná se dekontaminační jednotku STERILWAVE SW440, kdy dochází ke snížení objemu až o 85 %, hmotnosti až o 25 % (určena pro odpady 180101, 180102, 180103). Pro výstup z technologie bylo zpracováno osvědčení o vyloučení nebezpečných vlastností. Dekontaminační zařízení bylo v době inspekční kontroly odstaveno z důvodu poruchy a s největší pravděpodobností už ani provozováno, s ohledem na správní spor s dodavatelem dekontaminačního zařízení, provozováno v budoucnu nebude.

3.1 Problematika – léčiva

Léčiva jsou některými zdravotnickými zařízeními zařazena jako nebezpečné odpady (příslušné kat. č. dle Katalogu odpadu), některá zdravotnická zařízení však předávají léčiva, kterým se blíží doba expirace do lékárny, tzn. léky „vracejí“ zpět lékárně, od které nemocnice léky nakupuje a která je provozována v areálu daného zdravotnického zařízení (nejedná se vždy o totožného provozovatele jako u zdravotnického zařízení).

3.2 Problematika – nedodržování lhůt pro odstranění nebezpečných odpadů

Lhůty pro spálení, pokud nejsou řešeny příslušným PŘ zařízením, pak nebyly u zařízení oprávněnými osobami dodržovány. Konkrétně nebyla dodržována lhůta 3 dny (72 hodin) před konečným odstraněním odpadu dle ust § 10 odst. 5 vyhlášky č. 306/2012 Sb., o podmínkách předcházení vzniku a šíření infekčních onemocnění a o hygienických požadavcích na provoz zdravotnických zařízení a ústavů sociální péče, neboť lhůta je stanovena provozovatelům zdravotnických zařízení a ústavů sociální péče, nikoli provozovatelům zařízení dle zákona o odpadech. Aby mohla ČIŽP vymáhat dodržování časové lhůty v odpadovém zařízení, musela by být uvedena ve schváleném provozním řádu zařízení (tj. KHS při předložení PŘ od provozovatele musela požadovat její doplnění). Ve většině případů však tato lhůta v PŘ odpadových zařízení uvedena není, zákon o odpadech na ni žádným způsobem neodkazuje a provozovatelé tak nejsou povinni striktně uvedenou lhůtu dodržet.

Nesoulad v legislativní úpravě přetrvává bez ohledu na objektivní pandemickou výjimku, tzn. nejedná se o nedodržení lhůt v návaznosti na pandemii onemocnění Covid 19, kdy došlo ke značnému nárůstu produkce zdravotnických odpadů, ale o dlouhodobý problém nezajištění povinností ze stran provozovatelů odpadových zařízení, kdy nejsou povinni bezvýhradně dodržet uvedenou lhůtu, není-li zakomponována v PŘ daného odpadového zařízení. Pokud není lhůta stanovena ve schváleném PŘ zařízení oprávněné osoby, nelze uložit sankce dle zákona o odpadech, ani dle zákona o ochraně veřejného zdraví, tj. ze strany KHS; vyhláška č. 306/2012 Sb. se vztahuje na provozovatele zdravotnických zařízení a ústavů sociální péče, nevztahuje se na provozovatele zařízení určených k nakládání s odpady.

3.3 Další informace ke zdravotnickým odpadům - spalovny

Středočeský kraj - spalovna zdravotnických odpadů při nemocnici

V průběhu roku 2022 při kontrole plnění povinností dle zákona o ochraně ovzduší (OOO ČIŽP) bylo zjištěno porušení PŘ schváleného dle zákona o ochraně ovzduší ve spalovně Benešov. Podle zjištění inspektorů OOO se volně (bez jakéhokoliv zabezpečení) na ploše zařízení/spalovny (na dvoře) nacházelo cca 120 tun nebezpečných zdravotnických odpadů. Jedná se o spádové zařízení určené ke spalování zdravotnických odpadů z velké části Středočeského kraje. Je možné, že současný nevyhovující technologický stav zařízení následně negativně ovlivní kapacity odstraňování zdravotnických odpadů v rámci Středočeského kraje.

Jihomoravský kraj – ukončení provozu spalovny

Dočasné ukončení provozu spalovny a nedostatečné kapacity koncových zařízení v Jihomoravském kraji zapříčinily problémy s dodržováním lhůt pro shromažďování odpadů ve zdravotnickém zařízení. Vyjma subjektů, které disponují chlazeným shromaždištěm nebezpečných odpadů. Přibližně od května 2022 probíhalo v Jihomoravském kraji zneškodňování odpadu 180103* v zařízení – spalovna komunálních odpadů.

4 Monitoring 2021

V rámci kontrolní činnosti u koncových zařízení ČIŽP prověřila nakládání a odstraňování zdravotnických odpadů v návaznosti na novou právní úpravu a epidemiologickou situaci.

Pandemie bylo období výrazně zvýšené produkce odpadů ze zdravotní péče. Během pandemie probíhaly kontroly ČIŽP především na základě podnětů, mnohé plánované kontroly byly odloženy s ohledem na omezenou kontrolní činnost kvůli koronavirové pandemii. V pandemickém čase infrastruktura v ČR pro nakládání a odstranění zdravotnických odpadů odpadů narazila na svoje limity a v některých lokalitách ji překročila. Situace v nakládání se zdravotnickými odpady (odpady skupiny 18) a odpady vzniklé jejich úpravou byla alarmující.

Vyhláška č. 273/2021 Sb. vymezila v příloze č. 4 pod bodem č. 11 v seznamu A odpady skupiny 18, včetně odpadů vzniklých jejich úpravou (v dekontaminačních zařízeních) jako odpady, které je zakázáno ukládat na skládky všech skupin, a to bez přechodného ustanovení (novelizace). Legislativní změna tak měla dopad okamžitý do stávající praxe v podobě omezení předávání odpadu na skládky, jak v sektoru produkujícím tyto odpady a provádějící jejich úpravu interně (zdravotnická zařízení), tak na oprávněné osoby provádějící úpravu dekontaminací externě. V ČR několik zařízení externě provádějí úpravu těchto odpadů, ve 3 případech se jedná o úpravu odpadu v rozmezí 1 200 - 3 300 t/rok. Bylo odhadováno, že při kontinuálním provozu těchto zařízení by bylo nutné odklonit jen z externích zařízení ročně cca 8 000 t dekontaminovaných odpadů ze skládek do kapacit k termickému zpracování (pozn. avšak cementárny, ani ZEVO tento odpad za běžného provozu obvykle nezpracovávají). Byl pozorován regionálně dopad této změny, a to navíc v kombinaci s pokračující pandemickou situací, kdy docházelo nadále k značné nadprodukci zdravotnických odpadů (nárůst zejm. objemu odpadů) a opětovného problému s hraničními kapacitami pro spalování nebezpečného odpadu. Výrazně citlivěji se na zpracovatelských kapacitách v pandemické době navíc projeví jakékoliv odstávky stávajících zařízení, ať již standardní provozní z důvodu údržby, z důvodu nepředpokládaných poruch či jiných technických závad. Legislativní změny (není možné již předávat k odstranění na skládky odpadů dekontaminovaný zdravotnický odpad, jak dosud v převážné míře probíhalo) v synergii s obdobím nadprodukce zdravotnických odpadů mělo tedy regionálně poměrně silný dopad na nakládání s tímto odpadem. Nicméně i bez této synergie lze regionálně vnímat, že existuje nedostatečnost kapacit zařízení, která by náležitým způsobem dle požadavků nové právní úpravy mohla substitučně zajistit potřebné nakládání s dekontaminovanými zdravotnickými odpady.

ČIŽP v pandemické a krátce postpandemické době, tzn. toliko jen dočasně nepřístupila k přestupkovým řízením o pokutách za účinná zjištění, která jsou v rozporu s požadavky nové právní úpravy. ČIŽP omezeně aplikovala „toleranci“ při kontrolní činnosti, však z dlouhodobého hlediska není pouhý monitoring možný.

U provozovatelů skládek prvotně ČIŽP upozornila na změnu legislativní úpravy, problém ČIŽP vnímala komplexněji v celorepublikovém měřítku právě v souvislosti s pandemickou situací. ČIŽP vyhodnotila, že represivní postihy za porušení „nové právní úpravy“ by v současné době, kdy regionálně dochází k opětovnému problému s kapacitami, nebyl přínosným a smysluplným řešením. Situaci je však potřeba řešit, zejm. na úrovni jednotlivých krajů, aby v rámci svých koncepcí situaci analyzovaly a zajistily, aby docházelo k odstranění zdravotnických odpadů v souladu s platnou legislativou.

V ČR jsou nedostatečné regionální kapacity pro termické zpracování, dramatická situace nastala v důsledku pandemie. Obecně regionálně nedostatečná síť zařízení v ČR (tj. regionálně nedostatečná kapacita spaloven NO, možnost zániku některých kapacit v budoucnu, což bude nutné do budoucna prověřit i s ohledem na požadavky legislativy ochrany ovzduší/IPPC), dále dlouhodobá ustálená praxe s běžícími smluvními podmínkami pro předávání zdravotnických odpadů, následné přetrvávající ukládání dekontaminovaných odpadů na skládkách OO (vlivem neexistujícího substitučního řešení v regionu, vlivem absence přechodného ustanovení), ke kterému by již od účinnosti nové prováděcí vyhlášky k zákonu o odpadech nemělo docházet, zůstává naléhavým problémem z pohledu koncepčního, regulačního i přístupu kontroly a vymáhání platné právní úpravy.

Na konci roku 2021 byla napjatá regionální situace.

Jihomoravský kraj

Dle poznatků ČIŽP bylo dosaženo kapacitních možností u spalovny nebezpečných odpadů v Jihomoravském kraji, kde došlo k odstávce části technologie a dočasnému omezení příjmu odpadů na 1/2. Naléhavou situaci řešil krizový štáb Jihomoravského kraje a plánoval přijetí opatření spočívající v umožnění likvidace „covidových“ odpadů dočasně ve spalovně v Brně. ČIŽP kvituje uvedené krizové opatření přijaté na úrovni kraje, obdobně by v rámci krajů a krizového řízení mělo být přístupováno i případně v ostatních krajích. Je třeba však koncepčně řešit (tedy mimo krizový zákon) setrvávající zvýšenou produkci zdravotnických odpadů.

Jihočeský kraj

Dle kontrolních zjištění ČIŽP bylo dlouhodobě neuspokojivě provozováno zařízení nedaleko Českých Budějovic. Ještě před zvýšenou produkcí zdravotnických odpadů v důsledku pandemie bylo vedeno přestupkové řízení za provoz předmětného zařízení (dekontaminace zdravotnických odpadů) v rozporu s povolením krajského úřadu, ev. v rozporu s PŘ zařízení (ČIŽP uložila sankce ve výši 80 000 Kč, 200 000 Kč, 900 000 Kč). Některá zjištění se opakují a závažnost ohrožení životního prostředí a zdraví lidí se zvyšuje (značný rozsah překročení kapacity zařízení, nefungující technologie, provoz bez chlazení skladovaných odpadů, zpracování odpadů kategorie N, pro které není technologie určena).

Středočeský kraj

dvě zařízení k dekontaminaci odpadů dlouhodobě provozovaná na území Středočeského kraje, jež ve velmi významném množství provádí úpravu nemocničních infekčních odpadů, které jsou následně po úpravě předávány např. k uložení na skládku komunálních odpadů (změna - novelizace legislativy).

Landesstrategie Kreislaufwirtschaft des Freistaates Sachsen - Motivation, Ziele, Ausgestaltung

Zemská strategie cirkulární ekonomiky Svobodného státu Sasko - motivace, cíle, uspořádání

Axel Zentner¹

Kurzfassung

Im März 2020 wurde durch die Europäische Kommission der Aktionsplan Kreislaufwirtschaft, als zentrales Element des Green Deals, veröffentlicht. Genannter Plan soll dazu beitragen, den Ressourcenverbrauch von der Wirtschaftsleistung zu entkoppeln und die Transformation von der Wegwerfgesellschaft zur Abfallvermeidung, Vorbereitung zur Wiederverwendung und Recycling – also den oberen Ebenen der Abfallhierarchie – zu vollziehen. Den Vorgaben wird durch Novellierung gesetzlicher Vorgaben auf nationaler Ebene Rechnung getragen. Zusätzlich wird der Prozess über die Ausgestaltung einer Nationalen Kreislaufwirtschaftsstrategie forciert. Zeitgleich erfolgt die Erarbeitung einer Landesstrategie Kreislaufwirtschaft auf Länderebene im Freistaat Sachsen. Als Fundament dient hierzu der sich in der Finalisierung befindliche Kreislaufwirtschaftsplan (vormals Abfallwirtschaftsplan), zu welchem die Länder nach § 30 Kreislaufwirtschaftsgesetz verpflichtet sind. Der Auftrag besteht nun darin, konkrete Maßnahmen für Abfallvermeidung, Wiederverwendung, Recycling und ressourcenschonendes Prozess- und Produktdesign zu entwickeln. Der Schwerpunkt liegt dabei auf der Reduzierung von Siedlungsabfällen sowie Bau- und Gewerbeabfällen.

Abstrakt

V březnu 2020 zveřejnila Evropská komise Akční plán pro oběhové hospodářství jako ústřední část Zelené dohody pro Evropu. Uvedený plán má přispět k odpoutání spotřeby zdrojů od ekonomického výkonu a zrealizovat transformaci od spotřební společnosti směrem k zamezování vzniku odpadů, přípravě na znovuzhodnocení a recyklaci, tedy horní úroveň odpadové hierarchie. Toto zadání je na národní úrovni realizováno prostřednictvím novelizace zákonných předpisů. Celý proces je navíc urychlován procesem tvorby národní strategie cirkulární ekonomiky. Současně je na zemské úrovni Svobodného státu Sasko pořizována Zemská strategie cirkulární ekonomiky. Základem je Plán cirkulární ekonomiky (dříve Plán odpadového hospodářství), který se nachází ve fázi finalizace, který jsou spolkové země v souladu s § 30 Zákona o cirkulární ekonomice (Kreislaufwirtschaftsgesetz) povinni pořídit. Úkol spočívá ve vytvoření konkrétních opatření pro zamezování vzniku odpadů, jejich znovuvyužití, recyklaci a design procesů a produktů, chránící zdroje. Těžiště přitom spočívá na snížení objemu komunálního, stavebního a průmyslového odpadu.

¹Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Referat Kreislaufwirtschaft, Axel.Zentner@smekul.sachsen.de

Kreislaufwirtschaft und der Schutz des Menschen und der Umwelt

Oběhové hospodářství, ochrana lidí a prostředí

Thomas Egloffstein^{1,2}, Gerd Burkhardt¹

Kurzfassung

Das Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen, kurz Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) legt in seinem Abschnitt 1 „Grundsätze der Abfallvermeidung und Abfallbewirtschaftung“ unter dem Paragraphen 6 „Abfallhierarchie“, in Abs. 1, folgende Rangfolge für Maßnahmen fest: 1. Vermeidung, 2. Vorbereitung zur Wiederverwendung, 3. Recycling, 4. sonstige Verwertung, insbesondere energetische Verwertung und Verfüllung, 5. Beseitigung. Die schwer verständliche „Vorbereitung zur Wiederverwendung“ meint z. B. einen Gegenstand der bereits Abfall ist, z. B. ein alter Schrank, der auf einem Recyclinghof abgegeben wurde (= Entledigung ⇒ Abfall) wieder so aufzuarbeiten, dass er wieder in einem Gebrauchtmöbelhaus als Produkt verkauft werden kann.

Absatz 2 des § 6 legt jedoch fest, dass unabhängig von Absatz 1, diejenige Maßnahme Vorrang haben soll, die den Schutz von Mensch und Umwelt bei der Erzeugung und Bewirtschaftung von Abfällen unter Berücksichtigung des Vorsorge- und Nachhaltigkeitsprinzips am besten gewährleistet. Für diese Betrachtung der Auswirkungen auf Mensch und Umwelt nach Satz 1 ist der gesamte Lebenszyklus des Abfalls zugrunde zu legen. Hierbei sind insbesondere zu berücksichtigen: 1. die zu erwartenden Emissionen, 2. das Maß der Schonung der natürlichen Ressourcen, 3. die einzusetzende oder zu gewinnende Energie sowie 4. die Anreicherung von Schadstoffen in Erzeugnissen, in Abfällen zur Verwertung oder in daraus gewonnenen Erzeugnissen. Die technische Möglichkeit, die wirtschaftliche Zumutbarkeit und die sozialen Folgen der Maßnahme sind zu beachten.

Abstrakt

Zákon na podporu cirkulární ekonomiky a zajištění ekologického zpracování odpadů, zkráceně zákon o cirkulární ekonomice (Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG)) stanovuje ve své první části „Zásady pro zamezení vzniku a zpracování odpadů“ v § 6 „Hierarchie odpadů“ v odst. 1 následující hierarchii opatření: 1. zamezování vzniku odpadů, 2. úprava pro znovuvyužití, 3. recyklace, 4. ostatní formy zhodnocování odpadů, především energetické využití a využití jako materiál pro výplně, 5. likvidace. Obížně srozumitelným pojmem „úprava pro znovuvyužití“ je míněna například úprava předmětu, který je již odpadem, například staré skříň, která byla odevzdána do sběrného dvora (= odstranění ⇒ odpad), tak, aby mohl být opět nabídnut na trhu jako použitý nábytek.

Odst. 2 v § 6 však stanovuje, že nezávisle na odst. 1 mají mít přednost taková opatření, která nejlépe zajistí ochranu lidí a životního prostředí při vzniku a zpracování odpadů s přihlédnutím k principu prevence a udržitelnosti. Pro posouzení vlivu na lidi a životní prostředí podle věty 1 je nutno zohlednit celkový životní cyklus odpadu. Přihlédnout je třeba především k: 1. očekávaným emisím, 2. míře ochrany přírodních zdrojů, 3. energiím, které je nutno dodat, případně které je možno získat, a 4. navýšení obsahu škodlivých látek v produktech, odpadech ke zhodnocení nebo z nich získaných výrobců. Dále je nutno přihlédnout k technickým možnostem, ekonomickým aspektům a sociálních důsledkům daného opatření.

¹ICP Ingenieurgesellschaft Prof. Czurda und Partner mbH, burkhardt@icp-ing.de, egloffstein@icp-ing.de

²Institut Zirkon, Hochschule Zittau/Görlitz

1 Einleitung

Das Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und die Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen, kurz Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG 2020 [1]), soll die Kreislaufwirtschaft zur Schonung der natürlichen Ressourcen fördern und den Schutz von Mensch und Umwelt bei der Erzeugung und Bewirtschaftung von Abfällen sicherstellen. Das KrWG legt in seinem Abschnitt 1 „Grundsätze der Abfallvermeidung und Abfallbewirtschaftung“ unter dem Paragraphen 6 „Abfallhierarchie“, in Absatz 1, folgende Rangfolge für Maßnahmen fest:

1. Vermeidung,
2. Vorbereitung zur Wiederverwendung,
3. Recycling,
4. sonstige Verwertung, insbesondere energetische Verwertung und Verfüllung,
5. Beseitigung.

Dabei meint die „Vorbereitung zur Wiederverwendung“ z. B. einen Gegenstand der bereits Abfall ist, z. B. ein alter Schrank, der auf einem Recyclinghof abgegeben wurde (= Entledigungswille ⇒ Abfall) wieder so aufzuarbeiten, dass er in einem Gebrauchtmöbelhaus als Produkt verkauft werden kann [2]. Die sonstige Verwertung meint mit der energetischen Verwertung die Verbrennung hochkalorischer Abfälle z. B. in Heizkraftwerken oder Zementwerken (nicht in Hausmüllverbrennungsanlagen = Beseitigung) bzw. die Verfüllung von Abgrabungen¹, Gruben, Brüchen und Tagebauen mit vornehmlich Boden nach BBodSchV.

Der weniger bekannte Absatz 2 des § 6 legt dabei fest, dass unabhängig von Absatz 1, diejenige Maßnahme Vorrang haben soll, die den Schutz von Mensch und Umwelt bei der Erzeugung und Bewirtschaftung von Abfällen unter Berücksichtigung des Vorsorge- und Nachhaltigkeitsprinzips am besten gewährleistet. Für diese Betrachtung der Auswirkungen auf Mensch und Umwelt nach Satz 1 ist der gesamte Lebenszyklus des Abfalls zugrunde zu legen. Hierbei sind insbesondere zu berücksichtigen:

1. die zu erwartenden Emissionen,
2. das Maß der Schonung der natürlichen Ressourcen,
3. die einzusetzende oder zu gewinnende Energie sowie
4. die Anreicherung von Schadstoffen in Erzeugnissen, in Abfällen zur Verwertung oder in daraus gewonnenen Erzeugnissen.

Die technische Möglichkeit, die wirtschaftliche Zumutbarkeit und die sozialen Folgen der Maßnahme sind zu beachten. Das Ziel der Kreislaufwirtschaft ist es, natürliche Ressourcen zu schonen und den Schutz von Mensch und Umwelt bei der Erzeugung und Bewirtschaftung von Abfällen sicherzustellen. Dabei ist nicht die Kreislaufwirtschaft das Ziel, sondern die Kreislaufwirtschaft dient lediglich als Instrument um diese Ziel zu erreichen [3].

¹Anm.: Für die Verfüllung von Abgrabungen sollte nach den Zielen der neuen MantelV (Art. 2: BBodSchV) nahe ausschließlich Bodenaushub und Baggergut verwertet werden. Durch die von Bayern durchgesetzte Öffnungsklausel § 8 Abs. 8 ist dieses Ziel jedoch aufgeweicht worden. In Bayern können gemäß Verfüllleitfaden /13/ bis zu einem Drittel der jährlichen Verfüllmenge Bauschutt und Gleisschotter eingesetzt werden.

2 Stand der Umsetzung der Kreislaufwirtschaft

Betrachtet man die Verwertungsquoten der wichtigsten Abfallarten in Deutschland, so ist die Kreislaufwirtschaft bereits auf einem hohem Niveau. Dennoch gibt es für einzelne Abfallarten noch „Luft nach oben“, d.h. es besteht noch Optimierungsbedarf. Gemäß statistischem Bundesamt liegt die Verwertungsquote für alle Abfälle in Deutschland im Jahr 2020 bei 81,7 % [4]. Der Anteil an behandelten und stofflich verwerteten Siedlungsabfällen liegt bei 64,7 %, zählt man die energetische Verwertung hinzu, kommt man auf eine beeindruckende Verwertungsquote von 97,9 %. Gefolgt wird diese von Bau- und Abbruchabfällen mit 88,2 % und den übrigen Abfällen, insbesondere aus Produktion und Gewerbe mit 73 %. Selbst gefährliche Abfälle werden noch zu 65 % verwertet. Bei letzteren ist ein besonderes Augenmerk auf eine schadlose Verwertung zum Schutz der Umwelt und des Menschen zu achten.

In Deutschland hat der Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) in seinem Umweltgutachten 2020 [2] die Erweiterung der Abfallhierarchie zu einer Kreislaufwirtschaftshierarchie oder „Ressourcenwirtschaft“ vorgeschlagen. Darin werden eine Erweiterung der Zielhierarchie des § 6 Abs. 1 des KrWG durch eine Verringerung der Stoffströme durch mehr Ökologie und weniger Wirtschaft und einen „ehrlichen“ Preis für die Primärrohstoffe vorgeschlagen. Die Produkte der Zukunft sollten durch Langlebigkeit, Reparierbarkeit und Recyclingfähigkeit kreislaufwirtschaftsfähig gestaltet werden. Die Hersteller müssen somit mehr Verantwortung für Ihre Produkte übernehmen. Die Garantie- und Gewährleistungszeiten müssen an die Produktlebensdauer angepasst werden. Die Umsatz- bzw. Mehrwertsteuer auf Reparaturen sollte abgesenkt werden. Verlässt das Produkt nach einer möglichst langen Lebensdauer den Produktstatus und wird Teil des Abfallregimes, so ist eine konsequente Schadstoffausschleusung und ein möglichst hochwertiges Recycling bzw. eine möglichst hochwertige sonstige Verwertung das Ziel.

Auf globaler Ebene gesehen steckt die Kreislaufwirtschaft jedoch noch in den Kinderschuhen. Gemäß des 2020 erschienenen Circularity Gap Report der CGRI [5] beträgt der Anteil der Kreislaufwirtschaft global gesehen nur rund 8,6 % am gesamten Ressourcenverbrauch, von inzwischen über 100 Milliarden Tonnen pro Jahr. An den gesamten globalen Emissionen sind etwa 55 % auf den Energieverbrauch zurückzuführen und ca. 45 % auf Produkte. Das heißt die „halbe Miete“ ist Stoffpolitik – und zwar Kreislaufwirtschaft [6]. Die Optimierung der Kreislaufwirtschaft hat somit auch einen großen Einfluss auf den Klimaschutz.

In Deutschland hat sich die Abfallwirtschaft in den zurückliegenden Jahren von 1990 bis 2015 zu einem relevanten Teil des Klimaschutzes gewandelt. Im Jahr 1990 belastete sie das Klima noch mit gut 38 Millionen Tonnen (Mio. t) an CO₂-Äquivalenten, das waren 3 % der gesamten Treibhausgas-Emissionen in Deutschland. Bis 1992 stiegen die Emissionen auf rund 40 Mio. t CO₂-Äquivalente, seitdem sinken sie ab. Im Jahr 2015 waren es mit rund 11 Mio. t CO₂-Äquivalente etwa 27 Mio. t CO₂-Äquivalente weniger als 1990. Der Anteil an den gesamten Treibhausgas-Emissionen betrug damit nur noch 1,2 % [7].

3 Beispiele zur Umsetzung der Verwertung in der Kreislaufwirtschaft

3.1 Bauschuttrecycling statt Deponierung

In den 60-er bis zum Teil in die 90-er Jahre des letzten Jahrhunderts gab es keine Vorgaben zur Verwertung von Boden und Bauschutt und die Abfallgebühren waren so niedrig, dass praktisch alles, von sauberem Baugrubenaushub bis recyclingfähigen Bauschutt, zur Beseitigung auf Deponien landete. Um dies zu ändern und die Verwertung zu stärken, hat sich 1995 die ARGE Kreislaufwirtschaftsträger Bau (KWTB) formiert und ist gegenüber der Bundesregierung eine Selbstverpflichtung eingegangen, die bisher auf Deponien abgelagerte, aber verwertbare Menge an Bau- und Abbruchabfällen innerhalb von 10 Jahren bis 2005 zu halbieren und dem

Recycling zuzuführen. Die von der ARGE KWTB eingegangene Selbstverpflichtung wurde bereits im Jahr 2004 mit rund 90 % Verwertung übererfüllt.

Aber bereits im 4. Monitoring-Bericht von 2005 [8] wurden die überhöhten Anforderungen an den Boden- und Grundwasserschutz kritisiert, welche die vorhandene politische Direktive einer nachhaltigen Kreislaufwirtschaft im Bauabfallbereich konterkariert. Spätestens seit Inkrafttreten des Bundesbodenschutzrechts Ende der 90-er Jahre konkurrieren die umweltpolitischen Ziele einer nachhaltigen, ressourcenschonenden Kreislauf- und Abfallwirtschaft mit denen eines weitergehenden Boden- und Grundwasserschutzes. Mit dem sog. GAP Papier, in dem die Grundsätze eines vorsorgenden Grundwasserschutzes bei Abfallverwertung und Produkteinsatz neu definiert werden, und dem Bericht zur Ableitung von Geringfügigkeitsschwellen für das Grundwasser hat die Umweltministerkonferenz Grundlagenpapiere zur Anwendung empfohlen, die mit den Grundgedanken des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes nicht zu vereinen sind. Die durch redundante Vorsorgeelemente geprägte neue Konzeption des Medienschutzes führt bei Heranziehung in Technischen Regeln, wie z. B. der für die Verwertung von Bauabfällen maßgeblichen LAGA Mitteilung 20, dazu, dass bis heute ohne erkennbare Probleme verwertete Bauabfälle zukünftig zu deponieren sein werden [9]. Wie dieser Auszug aus dem 4. Monitoringbericht der KWTB zeigt, besteht das Spannungsfeld zwischen ressourcenschonender Kreislaufwirtschaft und dem vorsorgenden Boden- und Grundwasserschutz nicht erst seit der Entstehungsgeschichte der Ersatzbaustoffverordnung (s. u.).

3.2 Kreislaufwirtschaft für mineralische Bauabfälle 2020

Im Jahr 2020 sind 220,6 Mio. t mineralische Bauabfälle angefallen [10]. Davon entfielen 129,2 Mio. t (58,6 %) auf Boden und Steine, 60,0 Mio. t (27,2 %) auf Bauschutt, 16,9 Mio. t (7,6 %) auf Straßenaufbruch, 0,7 Mio. t (0,3 %) auf Bauabfälle auf Gipsbasis und 13,8 Mio. t (6,3 %) auf Baustellenabfälle.

Von den angefallenen 129,2 Mio. t Bodenaushub, Baggergut und Gleisschotter wurden 97,0 Mio. t (75,1 %) im übertägigen Bergbau und in anderen Maßnahmen, überwiegend im Deponiebau, verwertet. Darüber hinaus wurden 13,7 Mio. t (10,6 %) Recycling-Baustoffe hergestellt. Auf Deponien und in anderen Maßnahmen wurden 18,5 Mio. t (14,3 %) beseitigt.

Von den angefallenen 60,0 Mio. t Bauschutt wurden 47,3 Mio. t (78,8 %) recycelt. 9,4 Mio. t (15,7 %) wurden im Rahmen der Verfüllung von Abgrabungen¹ und auf Deponien verwertet, während nur 3,3 Mio. t (5,5 %) des angefallenen Bauschutts auf Deponien beseitigt wurden.

Die Verwertungsquoten betragen für Boden und Steine 85,7 %, für Bauschutt inkl. Bauabfälle auf Gipsbasis 94,0 %, für Straßenaufbruch 95,7 % und für Baustellenabfälle 98,6 %, im Durchschnitt über alle Fraktionen 89,5 %.

Mit dem 13. Monitoring-Bericht erbringt die Initiative auch für das Jahr 2020 den Nachweis nahezu vollständig geschlossener Stoffkreisläufe und leistet damit einen wichtigen Beitrag zur aktuellen Diskussion über Ressourcenschonung und Circular Economy [10].

3.3 Bundeseinheitliche Verwertung nach Ersatzbaustoffverordnung (EBV)

Seit 1994 und überarbeitet seit 1997 regelte die LAGA Mitteilung 20 „Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen – Technische Regeln“ die Verwertung von Abfällen [9]. Obwohl vielerorts angewendet wurde sie jedoch nicht bundeseinheitlich per Erlass eingeführt oder zur Anwendung empfohlen. Eine Anpassung an die neueren Vorschriften des Bodenschutz- und Wasserrechts scheiterte Anfang der 2000-er Jahre aufgrund von Differenzen zwischen den Ländern und der Wirtschaft. 2004 wurden noch die Technischen Regeln Boden (TR Boden - Anforderungen an die Verfüllung von Bodenmaterial) verabschiedet, von der Umweltministerkonferenz zur Kenntnis genommen, aber nicht zur Anwendung im Vollzug empfohlen.

Nachdem 2005 das Bundesverwaltungsgericht in seinem Tongrubenurteil II klarstellte, dass es sich bei der LAGA M20 nicht um rechtsverbindliche Grundlagen handelt, sondern lediglich um Empfehlungen eines sachkundigen Gremiums, wurde deutlich, dass die LAGA M20 nicht mehr Grundlage für den Vollzug sein konnte. Dies führte schließlich im September 2005 dazu, dass die Länderarbeitsgemeinschaft Boden (LABO), die LAGA (Abfall) und die LAWA (Wasser) das Bundesumweltministerium mit gleichlautenden Beschlüssen baten, bundeseinheitliche, rechtsverbindliche Anforderungen an die Verwertung von mineralischen Abfällen in technischen Bauwerken und in bodenähnlichen Anwendungen zu regeln. Diese bundeseinheitliche Regelung für die Verwertung von mineralischen Ersatzbaustoffen zu entwickeln, erwies sich als äußerst schwieriges Unterfangen, da hier höchst unterschiedliche Interessen aufeinanderzutreffen. Zum einen soll das Recycling und die stoffliche Verwertung von rund 275 Mio. t/a mineralischer Abfälle und somit die Kreislaufwirtschaft, gefördert und zum anderen ein umfassender, vorsorgender Boden- und Grundwasserschutz zum Schutz des Menschen und der Umwelt gewährleistet werden.

Die beiden gegenläufigen Interessen, Ressourcenschonung durch hohe Verwertungsquoten durch einen praktikabel und schlank geregelten Einsatz von mineralischen Abfällen zur Verwertung als mineralische Ersatzbaustoffe und eines möglichst hochwertigen Boden- und Grundwasserschutzes führten u. a. dazu, dass die Entstehung der Mantelverordnung gute 15 Jahre gedauert hat (Verkündung am 01.08.2021, Inkrafttreten am 01.08.2023).

In der Ersatzbaustoffverordnung wird die Herstellung von mineralischen Ersatzbaustoffen über ein System der Güteüberwachung geregelt, das zur Einstufung der Materialien je nach Schadstoffgehalten in Materialklassen führt [1]. Der Einbau dieser Materialien richtet sich dann nach klassenspezifisch definierten Einbauanforderungen, die die Anforderungen des Boden- und Grundwasserschutzes sicherstellen. Der Schutz des Menschen und der Umwelt bei der Verwertung von Ersatzbaustoffen wird zum einen durch die Einhaltung der klassenspezifischen Materialwerte im Eignungsnachweis gewährleistet. Für industrielle Abfälle (vornehmlich Schlacken und Aschen) in der Regel im Wasser zu Feststoffverhältnis von 2:1 - Eluat, für Boden und Baustoffrecyclingmaterial zusätzlich auch im Feststoff.

Das zweite Standbein der Güteüberwachung ist der regelgerechte Einbau der Ersatzbaustoffe durch die Zulassung (+) bzw. nicht-Zulassung (-) von 17 vorgegebenen Einbauweisen in 27 Einbautabellen. Die Einbautabellen ergeben sich aus den 14 Ersatzbaustoffen (EBS) der EBV, die in 27 Materialklassen eingeteilt sind (pro EBS eine bis zu 4 Klassen, z. B. für Bodenmaterial/Baggergut die Klassen 0*, F1, F2, F3). Für jede Materialklasse, abhängig von der Konfiguration der natürlich vorliegenden oder künstlich herzustellenden Grundwasserdeckschicht (Lage innerhalb oder außerhalb von Wasserschutzgebieten, Mächtigkeit der grundwasserfreien Sickerstecke ($\geq 0,6$ bis $\geq 1,5$ m), Beschaffenheit der Grundwasserdeckschicht (Sand oder Lehm, Schluff, Ton), entscheidet sich durch ein + oder – Zeichen, ob bzw. in welche der 6 offenen, 4 teildurchströmten oder 7 geschlossenen Einbauweisen der entsprechende EBS, eingebaut werden darf.

So dürfen die besten Qualitäten (schwach belastet) i.d.R. in alle Einbauweisen (auch in den offenen, d.h. wasserdurchlässigen) eingebaut werden, die schlechtesten Qualitäten (höher belastet) i.d.R. nur in geschlossenen (wasserdichten) Bauweisen (ggf. auch teildurchlässig, wenn die Grundwasserdeckschicht aus Lehm, Schluff oder Ton besteht).

Die Materialwerte und die Einbaukonfiguration wurden auf der Grundlage eines wissenschaftlichen Fachkonzept entwickelt. Dabei ist Einhaltung der Geringfügigkeitsschwellenwerte² (GFS) am Ort der Beurteilung³ das Ziel [11]. Dies soll über die Modellierung der Hydraulik, der Struktur (z. B. Lärmschutzwand), der Schadstofffreisetzung in Abhängigkeit von der Durchlässigkeit und der Kontaktzeit, sowie der Schadstoffrückhaltung (Abbau, Retardation, Akkumu-

²GFS: Grenze zwischen einer geringfügigen Beeinflussung und einer nachteiligen Veränderung der Grundwasserbeschaffenheit (Gefahrenschwelle)

³Der Ort der Beurteilung ist die Grenzfläche am Übergang von der ungesättigten Zone zum Grundwasser

lation) beim Durchsickern der grundwasserfreien Sickerstrecke erreicht werden. Es handelt sich dabei um eine Rückwärts-Modellierung mit dem Ziel der Ermittlung, welche Belastungs- bzw. Materialklassen bei den vorliegenden Untergrundverhältnissen oberhalb der Grundwasserdeckschicht in offenen, teildurchlässigen oder geschlossenen Bauweisen eingebaut werden dürfen, damit im Grundwasser so gut wie keine Schadstoffe ankommen (Einhaltung der GFS-Werte).

Bei Einhaltung aller Anforderungen der EBV entfällt die Notwendigkeit einer wasserrechtlichen Erlaubnis. Dies wird von Befürwortern der EBV als großes Plus angesehen. Kritiker bemängeln hingegen, dass es derzeit noch keine Regelungen zur Überwachung des Einbaus gibt. Auch hier trifft man auf das Spannungsfeld zwischen möglichst einfach und schlank gehaltenen Regeln für eine reibungslose Verwertung und den aufwändigen Regelungen für eine lückenlose Überwachung zugunsten des vorsorgenden Boden- und Grundwasserschutzes (z. B. Einbaubeschränkungen, Dokumentations-, Anzeige- und Aufbewahrungspflichten, Ersatzbaustoffkataster).

3.4 Asbest im Bauschutt – Beseitigung hat Vorrang vor Verwertung

Im sogenannten nationalen Asbestdialog wurden in den Jahren ab 2017 längst erledigt geglaubte Asbestaltlasten aufgearbeitet. Asbest in Deutschland ist seit 1993 mit einem weitgehenden Herstellungs-, Inverkehrbringungs- und Verwendungsverbot belegt. Dennoch sind die Asbestprobleme bei Rückbau-, Umbau- und Sanierungsarbeiten an Gebäuden nach wie vor existent. Zu den seit langem bekannten Einsatzbereichen kamen weitere hinzu (Abstandhalter und Rohrhülsen aus Asbestzement in Stahlbetonbauwerken) oder schlicht die Erkenntnis, dass Asbest zur Verbesserung der Verarbeitbarkeit in Putzen, Kitten, Estrichen, Fugenmassen, Fliesenklebern, Anstrichen, d. h. je nach Verarbeiter, nahezu überall und ohne erkennbares System eingesetzt wurde. Problematisch ist dies neben den Arbeitsschutzproblemen bei Arbeiten an asbesthaltigen Bauteilen vor allem bei der Aufbereitung von Bauschutt (2020 ca. 60 Mio. t [10]) zu Bauschuttrecyclingmaterial (RC-Material), einer tragenden Säule der Kreislaufwirtschaft.

Bezugnehmend auf den schriftlichen Bericht „Asbest in Bau- und Abbruchabfällen“ bekräftigt die 92. Umweltministerkonferenz (UMK) 2019, dass asbesthaltige Bestandteile von Bau- und Abbruchabfällen zum Schutz von Mensch und Umwelt aus dem Kreislauf grundsätzlich ausgeschleust werden müssen und nicht recycelt werden dürfen [12].

Die UMK stellte mit Sorge fest, dass bei pauschaliertem Herangehen an das Problem, das Ziel der Kreislaufwirtschaft beim Bauschuttrecycling in Frage gestellt wird. Die UMK fordert deshalb Lösungen, die eine Kreislaufwirtschaft und den Fortbestand des Bauschuttrecyclings ermöglichen und mit denen gleichzeitig die Ausschleusung von Asbest sichergestellt wird.

Die UMK sieht die Notwendigkeit einer dem Abbruch vorangehenden umfassenden Schadstofferkundung und -entfrachtung der Bausubstanz und bitten die Bauministerkonferenz, die erforderlichen Verpflichtungen im Baurecht zu schaffen.

Die UMK stellt weiterhin fest, dass für die möglichst ortsnahe Beseitigung asbesthaltiger Bau- und Abbruchabfälle Deponiekapazitäten benötigt werden. Die Menge der abzulagernden, asbesthaltigen Bau- und Abbruchabfälle kann durch die Umsetzung eines konsequenten, selektiven Rückbaus minimiert werden. Dies wird bei der Deponieplanung der Länder berücksichtigt werden. In diesem Dokument wird überdeutlich, dass im Sinne des § 6 Abs. 2 die schadlose Beseitigung asbesthaltiger Abfälle auf Deponien [13] zum Schutz des Menschen Vorrang vor der Kreislaufwirtschaft durch das Recycling hat.

In der neuen LAGA-Mitteilung 23 „Vollzugshilfe zur Entsorgung asbesthaltiger Abfälle“ [14] wird für Haufwerke mineralischen Ursprungs, wenn eine begründeter Verdacht auf Asbest besteht, ein neues „asbestfrei-Kriterium“ definiert, wenn eine Beprobung nach den einschlägigen Vorgaben (LAGA PN 98, DIN 19698) und eine Untersuchung nach VDI 3876 stattgefunden hat und der Beurteilungswert von 0,010 M.-% Asbest unterschritten wird. Das Kriterium $\geq 0,1$

Ma.-% Asbestgehalt ist gefährlicher Abfall (AVV-Nr.: 17 01 06*) bleibt unverändert bestehen.

4 Fazit

Das Kreislaufwirtschaftsgesetz setzt mit seinem § 6 Absatz 1 der Abfallhierarchie klare Rangfolgen zur Vermeidung, Wiederverwendung, Recycling und sonstige Verwertung vor einer Beseitigung von Abfällen. Gleichzeitig stellt es im § 6 Absatz 2 klar heraus, dass der Schutz des Menschen und der Umwelt Vorrang vor dem Ziel der Ressourcenschonung durch die Kreislaufwirtschaft haben soll. So hat z. B. eine Beseitigung von asbesthaltigen Bauschutt in Monobereichen von Deponien zum Schutz des Menschen Vorrang vor einer Aufbereitung zu Baustoffrecyclingmaterial. Eine funktionierende Kreislaufwirtschaft muss zum einen dafür sorgen, dass Schadstoffe aus dem Stoffkreislauf in sichere Deponien (Schadstoffsenken) ausgeschleust werden können, um eine Schadstoffanreicherung im Stoffkreislauf zu vermeiden und zum andern, dass die Verwertung der Abfälle unter solchen Rahmenbedingungen erfolgt, dass der Schutz des Menschen und der Umwelt gewährleistet wird. Dies soll z. B. die gerade erst in Kraft getretene Ersatzbaustoffverordnung durch ihr wissenschaftliches Fachkonzept zum Schutz des Grundwassers sicherstellen. Dieser Ansatz ist grundsätzlich positiv zu bewerten. Was noch fehlt, sind Regelungen zur Überwachung der Anforderungen beim Einbau der Ersatzbaustoffe. Zeit für Änderungen bietet eine zweijährige Frist ab Inkrafttreten zur Anpassung des Vollzugs der Verordnung.

Literaturverzeichnis

- [1] BMUV BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ, NUKLEARE SICHERHEIT UND VERBRAUCHERSCHUTZ: *Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen (Kreislaufwirtschaftsgesetz - KrWG)*. <https://www.bmuv.de/gesetz/kreislaufwirtschaftsgesetz>. Version:2020
- [2] SRU SACHVERSTÄNDIGENRAT FÜR UMWELTFRAGEN: *Umweltgutachten 2020*. https://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/01_Umweltgutachten/2016_2020/2020_Umweltgutachten_Entschlossene_Umweltpolitik.html. Version:2020
- [3] BRUNNER, P. H.: *Ziele der Abfallwirtschaft nicht mit den Instrumenten verwechseln*. 1999. – EUWID Recycling und Entsorgung, Ausgabe 46/1999, Gernsbach
- [4] WEIZÄCKER, E. U.: *Gastvortrag Klimaschutz und Kreislaufwirtschaft*. 2020. – 30. Karlsruher Deponie- und Altlastenseminar am 14.10.2020
- [5] CGRI CIRCULARITY GAP REPORT INITIATIVE: *Circularity Gap Report 2020*. <https://www.circularity-gap.world/2020>. Version:2020
- [6] Anforderungen an die Verfüllung von Gruben und Brüchen sowie Tagebauen (Verfüll-Leitfaden) vom 15.07.2021. Festlegungen zur Weiterführung des bayerischen Verfüll-Leitfadens ab 01.08.2023 siehe Schreiben des StMUV an die Bayerischen Umweltbehörden vom 06.07.2023
- [7] UMWELTBUNDESAMT: *Klimaverträgliche Abfallwirtschaft*. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/ressourcen-abfall/klimavertraegliche-abfallwirtschaft#abfallbehandlung-schutzt-heute-das-klima>
- [8] KRWB ARBEITSGEMEINSCHAFT KREISLAUFWIRTSCHAFTSTRÄGER BAU: *4. Monitoring-Bericht Bauabfälle*. 2005. – Erhebung 2002. Berlin, 31.10.2005
- [9] BUND-/LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT ABFALL (1994/1997): *Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen*. – Technische Regeln – (2003): Allgemeiner Teil, (2004): 1.2 Bodenmaterial (TR Boden)
- [10] KREISLAUFWIRTSCHAFT BAU: *Mineralische Bauabfälle – Monitoring 2020*. <https://www.kreislaufwirtschaft-bau.de/>
- [11] LAWA BUND-/LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER: *Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser*. 2016
- [12] UMK 92. UMWELTMINISTERKONFERENZ: *Endgültiges Ergebnisprotokoll*. <https://www.umweltministerkonferenz.de/>. Version:2019. – Stand 11.06.2019
- [13] BMUV BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ, NUKLEARE SICHERHEIT UND VERBRAUCHERSCHUTZ: *Verordnung über Deponien und Langzeitlager (DepV)*. 2020

[14] LAGA BUND-/LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT ABFALL: *Mitteilung der Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) 23, Vollzugshilfe zur Entsorgung asbesthaltiger Abfälle.* 2022. – Stand 29.11.2023

Entwicklung von funktionalisierten Rekultivierungsmaterialien mit Hilfe von Klärschlammkomposten und Pilzmycel

Vývoj funkčních rekultivačních materiálů pomocí kompostu z čistírenských kalů a mycelií hub

Marc Lincke¹, Claudyn Kidszun², Natalie Rangno³, Christina Dornack⁴

Kurzfassung

In Deutschland existieren mehrere zehntausend Altdeponien, Altablagerungen sowie aktive Deponien. Allein die stillgelegten Siedlungsabfalldeponien müssen auf einer Fläche von 15 000 ha mit sicheren, ökologisch wertvollen und sich in die Landschaft einfügenden Abdeckschichten versehen werden. Im Verbundprojekt »Boden2« wurde das Potenzial für funktionalisierte Rekultivierungsmaterialien auf Basis von Abraummaterien aus dem Tagebau oder Produkten aus Bodensanierungsanlagen im Kontext von Deponie- oder Altlastenabdeckungssysteme demonstriert. Die in großen Volumina anfallenden, biologisch inaktiven Grundmaterialien wurden mit Hilfe regional anfallender Reststoffe, wie Klärschlammkomposte und abgetragenen Kultursubstrate aus der Speisepilzproduktion gezielt belebt und dauerhaft aufgewertet. Durch die entwickelte Aufbereitungstechnologie und die gezielte Einmischung in das Matrixsubstrat werden Limitationen der Einzelverwertung der eingesetzten Ausgangsstoffe in einen Mehrwert gewandelt. In umfangreichen Arbeiten wurde von den Partnern ein Verfahren entwickelt, das die unterschiedlichen Ausgangsstoffe konditioniert und in optimalen Verhältnissen einbaut. Im Rahmen eines Freilandversuchens konnte das Verfahren erfolgreich validiert werden.

Abstrakt

V Německu existuje několik desítek tisíc reliktních skládek, úložišť, ale i aktivních skládek. Jen v případě uzavírání skládek komunálního odpadu je nutno plochy o rozloze od 15 000 ha zabezpečit zakrytím pomocí bezpečných, ekologicky cenných a do krajiny se začleňujících zakrývacích vrstev. V rámci integrovaného projektu "Boden 2" byl představen potenciál pro funkční revitalizační materiály na bázi zemin ze skrývek povrchových dolů nebo výrobků, vznikajících v zařízeních na sanaci půd v kontextu systémů pro zakrývání skládek nebo reliktních skládek. Biologicky neaktivní základní materiál, který je dostupný ve velkých objemech, byl cíleně oživen pomocí regionálně dostupných zbytkových látek, jako jsou čistírenské kaly a odstraněné substráty z pěstíren jedlých hub. V důsledku toho se rovněž zvýšila hodnota těchto základních materiálů. Prostřednictvím vyvinuté zpracovatelské technologie a cíleného přimíchávání substrátů do matičního materiálu se z limitů konkrétního zhodnocení použitých výchozích materiálů stává přidaná hodnota. V rámci komplexních prací byl partnery projektu vyvinut postup, umožňující úpravu výchozích materiálů a jejich použití v optimálních poměrech. Tyto postupy bylo možno úspěšně ověřit v rámci terénních pokusů.

¹Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS, marc.lincke@ikts.fraunhofer.de

²Veolia Klärschlammverwertung Deutschland GmbH, Nordstr. 15, D-04420 Markranstädt

³Institut für Holztechnologie Dresden gemeinnützige GmbH, Zellescher Weg 24, D-01217 Dresden

⁴Technische Universität Dresden, Institut für Abfall- und Kreislaufwirtschaft, Pratzschwitzer Str. 15, D-01796 Pirna

1 Einleitung und Zielstellung

In Deutschland existieren mehrere zehntausend Altdeponien, Altablagerungen sowie aktive Deponien. Allein die stillgelegten Siedlungsabfalldeponien müssen auf einer Fläche von 15 000 ha mit sicheren, ökologisch wertvollen und sich in die Landschaft einfügenden Abdeckschichten versehen werden. Für die Renaturierung dieser Deponiekörper besteht ein großer Bedarf an kostengünstigen und effektiven Deponieersatzbaustoffen für Rekultivierungsschichten. Basierend auf den enormen Mengen können keine natürlichen Böden, wie z.B. Mutterböden verwendet werden, da diese Mengen mit entsprechenden Eigenschaften nur schwierig und aufwendig zu beschaffen sind. Aufgrund weiter Transportwege entstehen außerdem zusätzliche Umweltbelastungen. Die Betreiber von Deponien sind daher auf der Suche nach regional verfügbaren Bodenmaterialien und entsprechenden Verfahren zur Herstellung der entsprechenden zulassungsfähigen Deponieersatzbaustoffe für Rekultivierungsschichten.

Übergreifendes wissenschaftlich-technisches Arbeitsziel war die Schaffung einer an den Grundsätzen der Kreislaufwirtschaft orientierten Nutzungsalternative für qualitativ hochwertige Reststoffe, wie kommunale Klärschlämme (KS) sowie abgetragene Pilzsubstrate (APS), in Form von Zuschlagstoffen sowie die Verwendung der lokal verfügbaren Halden- und Bodenmaterialien als Rekultivierungsmaterial für Deponien. Motiviert wurde das Vorhaben durch das enorme Mengenpotenzial, das Entsorgungs- bzw. Verwertungsproblem für organische Reststoffe sowie den zukünftig hohen Bedarf an kostengünstigen und qualitativ hochwertigen Materialien für eine zuverlässige und zügige Rekultivierung stillgelegter Deponiekörper. Klärungs- und Entwicklungsbedarf bestand bezüglich:

- einer gemeinsamen Kompostierung von Klärschlämmen und abgetragenen Pilzsubstraten,
- regional verfügbaren Bodenmaterialien als Grundmatrix (>50 Masse-% an der Mischung) und deren Eigenschaften,
- der Eignung abgetragener Pilzsubstrate als Zuschlagstoffe sowie deren Effekte auf das Pflanzenwachstum,
- der Rezepturen für Rekultivierungsmaterialien, die die Zulassungsvoraussetzung für den Einsatz als Rekultivierungsmaterial erfüllen,
- der Herstellung von Mischungen, insbesondere der Verfahren und Technologien,
- eines Funktionsnachweises im großtechnischen Maßstab.

Zur Beantwortung dieser Fragestellungen wurden systematische Untersuchungen vom Labor bis zum Demonstrationsmaßstab durchgeführt. Die Untersuchungen wurden zudem im Labor analytisch begleitet.

Das Projekt wurde gemeinsam durch die Projektpartner Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS, Veolia Klärschlammverwertung Deutschland GmbH, Institut für Abfall- und Kreislaufwirtschaft der TU Dresden sowie dem Institut für Holztechnologie Dresden gemeinnützige GmbH bearbeitet.

2 Ergebnisdarstellung

2.1 Auswahl und Anpassung der Einsatzmaterialien

Zuerst wurden die unterschiedliche Matrixmaterialien und potentielle Zuschlagstoffe chemisch und physikalisch im IKTS sowie mikrobiologisch und molekulardiagnostisch im IHD untersucht. Die Auswahl der Einsatzmaterialien erfolgte gemeinsam mit VKD.

Für das Matrixmaterial wurden die Stoffströme Boden aus der Bodensanierung, Bodenaushub von Baustellen sowie Abraumförderbrückenmaterial (AFB-Material) aus dem Tagebau

als mögliche Quellen identifiziert. Da es sich beim Boden aus der Bodensanierung um einen gestörtes Bodenmaterial handelt, das Abfallstoffe beinhalten kann, ist eine generelle Verwendung als Deponiebaustoff nicht gegeben. Je nach Belastung und Schadstoffgehalten werden teilweise die hohen Anforderungen der Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung - DepV) für Rekultivierungsmaterial, hinsichtlich Schwermetall- und PAK-Belastung nicht erfüllt. Bodenaushub fällt nur unregelmäßig und mit stark schwankenden Eigenschaften an. Aus diesem Grund wurden diese Materialien nicht für die vertiefenden Untersuchungen berücksichtigt. Da es sich bei AFB-Material um einen natürlichen Bodenaushub bzw. -material handelt, der keinerlei Abfallstoffe beinhaltet, eignet es sich generell als Deponiebaustoff. Zudem ist AFB-Material in Regionen mit Tagebauaktivitäten in großen Mengen verfügbar. Geologische Störungen, die beim Kontakt mit dem Sauerstoff der Umgebungsluft zum Tragen kommen, lassen einen unbehandelten Einbau jedoch nicht zu. Um die Vorteile zu nutzen und die chemisch-physikalischen Unzulänglichkeiten zu adressieren, wurde die Rezepturentwicklung mit diesem Material durchgeführt.

Zur Einstellung der Nährstoff- und Humusgehalte sollten als Zuschlagstoffe Klärschlammprodukte und abgetragene Pilzsubstrate eingesetzt werden. Im Rahmen des Projektes wurden getrockneter Klärschlamm, Klärschlammkompost und Klärschlamm-HTC-Kohle hinsichtlich der chemisch-physikalischen Eigenschaften sowie der Verfügbarkeit bewertet. Neben den KS-Produkten wurden 12 APS chemisch-physikalischen sowie mikrobiologisch untersucht. Da die abgetragenen Pilzsubstrate von Champignons und Seitlingen aus organischen Bestandteilen (Lignin, Polysaccharide, Ballaststoffe, Vitamine, Nährstoffe u.a.) zusammengesetzt sind, eignen sie sich für eine Verwendung als Nährstofflieferant und Bodenverbesser [1]. In zahlreichen internationalen wissenschaftlichen Studien wurden positive Effekte auf das Pflanzenwachstum nachgewiesen.

Im Ergebnis der Untersuchungen wurden Klärschlammkompost, APS Champignon und APS-Kräuterseitling als Zuschlagstoff ausgewählt. Diese Substanzfrachten der ausgewählten Zuschlagstoffe dienen als Nahrungsgrundlage für viele Bodenorganismen und die Gruppe der Mykorrhizapilze. Mykorrhizapilze bilden zusammen mit fast allen Pflanzenarten symbiotische Lebensgemeinschaften, was zu einem besseren Wachstum derselben insbesondere unter schwierigen Wachstumsbedingungen führen kann [2, 3, 4].

2.2 Kompostieruntersuchungen KS und APS

In kleintechnischen Kompostierversuchen sollte eine optimale Kompostmischung für die später durchgeführten großtechnischen Versuche gefunden werden. Dieses Ziel konnte durch verschiedene Durchgänge mit jeweils angepasstem Versuchsdesign erreicht werden. Es stellte sich heraus, dass eine Mischung aus entwässertem Klärschlamm, Siebabfall und Champignon- oder Kräuterseitlingssubstrat am besten geeignet ist. Bei der Herstellung des Kompostansatzes ist auf die Einstellung eines optimalen Porenraums, der für die Versorgung mit Sauerstoff erforderlich ist, sowie auf den Wassergehalt und das C-N-Verhältnis zu achten. Weiterhin konnte festgestellt werden, dass eine erst später durchgeführte Beimengung von frischen APS zum bereits fertigen Frischkompost Vorteile bietet, da hier die hohen Temperaturen im Inneren des Komposts das Pilzmyzel nicht schädigt bzw. abtötet.

Aufbauend auf den im kleintechnischen Maßstab erzielten Ergebnissen wurden in der Folge Kompostuntersuchungen im technischen Maßstab auf einer Kompostierungsanlage der VKD durchgeführt. Zielführend war die Erzeugung von homogenen Kompostsubstraten mit definierter Zusammensetzung und Eigenschaften. Hierzu wurde zunächst eine Anforderungsmatrix, aufbauend auf den gesetzlichen Vorgaben, erarbeitet. Diese bildete die Grundlage für die Auswahl von Klärschlämmen der Versuchsreihen. Die Kompostmischungen wurden für Kompostierversuche im klein- bis großtechnischen Maßstab (5 bis 63 t Kompostsubstrat) genutzt. Aufgrund der Granulometrie der abgetragenen Pilzsubstrate müssen zur Einstellung des opti-

malen Porenvolumens Strukturmaterialien in die Kompostmischung eingemischt werden. Diese Materialien werden vor der Weiterverarbeitung wieder abgetrennt und können als sogenannter Siebabfall wieder als Strukturmaterial eingesetzt werden.



Abbildung 1: Aufsetzen einer kleintechnischen Kompostmiete.

2.3 Rezepturentwicklung der Rekultivierungsmaterialien

In die Rezeptentwicklung wurden die Auswirkungen der einzelnen Prozessschritte Kompostierung, Beimpfung ASP (Mycelwachstum), Herstellung Rekultivierungsmaterial sowie Einbau und Ansaat mit einbezogen (vgl. Abbildung 2). Der reine AFB-Boden, welcher als Matrixmaterial ausgewählt wurde, konnte auf Grund seiner schlechten chemischen und bodenphysikalischen Eigenschaften nicht für Rekultivierungsschichten verwendet werden.

Im Projekt wurden mehr als 70 Rezepturen entwickelt, hergestellt und chemisch, granulometrisch, mikrobiologisch sowie molekulardiagnostisch bewertet. Die biologische Bewertung der verschiedenen Gemische vor und nach den jeweiligen Prozessschritten erfolgte durch Wachstumsversuche (5 g bis 500 g) mit folgenden Referenzorganismen: Pilze (Austernseitling und Kräuterseitling), Pflanzen (Kresse und Gräser), Referenzproben (zwei Anzuchterden) sowie durch Vitalitätsversuche mit Regenwürmern. Die Wachstumsversuche mit Pappel-Stecklingen (50 l) erfolgten beim Projektpartner TU Dresden [5]. Abschließend erfolgte die Freilandversuche (vgl. Absatz 2.5) für ausgewählte Vorzugsvarianten der Rezepturen auf der Deponie Cröbern (Westfälische Entsorgungs- und Verwertungsgesellschaft mbH) im Sommer 2019.

Es konnte gezeigt werden, dass sowohl der KSK als auch die APS eine sehr positive Wirkung auf das Wachstum der Referenzpflanzen haben und für die Regenwürmer nicht toxisch sind. Die Beimischung des frischen APS verbesserte die Kompostqualität hinsichtlich Was-

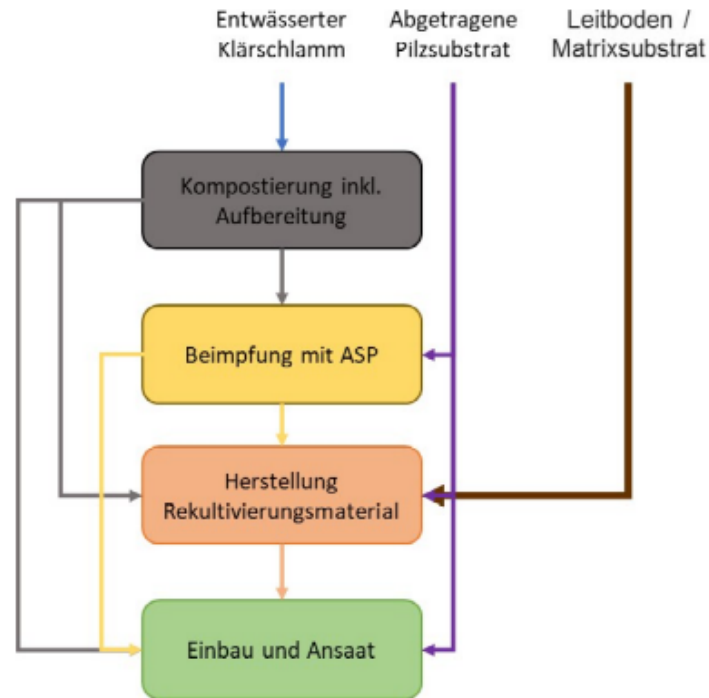


Abbildung 2: Prozessschritte Herstellung und Einbau Rekulivierungsmaterial.

serhaltekapazität, Nährstoffen sowie Mikroflora und ermöglicht somit ein stärkeres Pflanzenwachstum.

Der hohe Anteil an Nährstoffen in neuartigen Deponieersatzbaustoffen führt zur Ansiedlung von Bodenorganismen (Bakterien, Mykorrhiza-Pilze, Insekten, Würmer u. a.) und zu einem verbesserten Pflanzenwachstum, wodurch die Biodiversität und Bodenfauna in der Rekulivierungsschicht der Siedlungsabfalldeponien verbessert werden konnten.

Die favorisierten Rezepturen

- sind aus bodenmechanischer Sicht für den Einsatz als Rekulivierungsmaterial geeignet. Die gezielte Einstellung bodenmechanischer Parameter ist durch eine Anpassung der Mischungsverhältnisse sowie durch die Homogenisierung möglich.
- sind laut Deponieverordnung unter Nutzung der Regelung der Hintergrundbelastung für LF, Chlorid und Sulfat für den Einbau auf den Deponien zulässig.
- sind mikrobiologisch und biologisch geeignet. Es wurden z. B. keine pflanzenpathogenen Krankheitserreger, wie z.B. *Phytophthora* sp., *Pythium* sp., *Erwinia amylovora* oder *Agrobacterium tumefaciens* isoliert und in den Mischungen kam es zu einem guten Pflanzen- und Pilzwachstum.

2.4 Herstellung und Einbau des Rekulivierungsmaterialien

Im Projekt wurden zwei unterschiedliche Wege zur Herstellung des Rekulivierungsmaterials betrachtet. Im ursprünglich geplanten Weg sollte das Rekulivierungsmaterial mit Hilfe eines Intensivmischers vor Ort hergestellt und anschließend auf dem Deponiekörper in entsprechender Schichtdicke eingebaut werden. In den Versuchen mit der Technikumsanlage zeigte sich jedoch, dass es häufig zu Verstopfungen oder Anhaftungen kam. Auch der Energieverbrauch



Abbildung 3: Herstellung und Einbau Rekultivierungsschicht auf der Deponie Gröbern links: Auftragen der Kompostschicht und rechts: Homogenisieren und Einbau mit Hilfe einer Bodenfräse.

sowie der logistische Aufwand war sehr hoch. Daher wurde im Projektverlauf ein alternativer Ansatz zur Herstellung gesucht und gefunden. Die Herstellung der finalen Mischung des Rekultivierungsmaterials erfolgt direkt auf dem Deponiekörper. Hierfür werden die einzelnen Materialien entsprechend des Mischungsverhältnisses aufgebraucht und anschließend mit einer Bodenfräse homogenisiert und eingearbeitet (vgl. Abbildung 3). Durch den Einsatz der Bodenfräse kann das Rekultivierungsmaterial sehr gut eingearbeitet werden, und ist somit kraftschlüssig mit der Tragschicht verbunden. Auch eine Reduzierung des Energie-, Logistikal- auch Personalaufwands ist möglich.

2.5 Bewertung Rekultivierungsmischungen im Freilandversuch

Auf einer Testfläche auf der Deponie Cröbern wurden im Jahr 2019 großtechnische Pflanzversuche aufgebaut. Im Rahmen dieser Versuche erfolgte die Langzeitbewertung ausgewählter Rezepturen. Theoretisch sollten die Abdeckschichten, die einen entsprechenden Kompostanteil aufweisen, gegenüber den reinen AFB-Böden eine bessere Wirkung erzielen. Nach dem Aufbringen der Rekultivierungsmaterialien wurde eine vorausgewählte Mischung aus Rasensamen (trockene Lagen) und Blühpflanzensamen gleichmäßig ausgesät. Die Fläche wurde nicht bewässert, da dies seitens des Deponiebetreibers technisch nicht zu leisten war.

Leider kam es in der ersten Wachstumsperiode in 2019 auf Grund der sehr heißen und trockenen Sommermonate zu einem ungleichmäßigen Wachstum und Etablierung der einzelnen Pflanzenarten. Die ausgebrachten Blühpflanzen konnten sich teilweise sehr gut etablieren, auch wenn kein flächendeckender Bestand erreicht wurde. Im September kam es zu Regenfällen, wodurch die Rasenmischung noch etwas wuchs, sodass sich bis November 2019 zu den Pionierpflanzen auf dem Testfeld kleinere Vegetationsflecken mit Gräsern ausbildeten.

Die über die Vegetationspause 2019/2020 und das Frühjahr aufgetretenen Niederschläge sorgten für die entsprechenden Rahmenbedingungen, um eine weitere Etablierung der Vegetation auf den Versuchsflächen zu ermöglichen. Abbildung 4 veranschaulicht die Flächenentwicklung bis Mai 2021. Während die Versuchsflächen mit den entwickelten Rekultivierungsmaterialien gute und artenreiche Vegetation aufweisen und in weiten Bereichen eine Bedeckungsgrad von 100% erreichten, liegen die angrenzenden Flächen der Deponieabdeckung (AFB Material)



Abbildung 4: Versuchsfeld Mai 2021 links: AFB Material, rechts: Entwickeltes Rekultivierungsmaterial.

weitgehend brach. Der höhere Anteil an pflanzenverfügbaren Nährstoffen in neuartigen Rekultivierungsmaterialien führte zur starken Wurzelbildung und somit zu einem verbesserten Pflanzenwachstum und zur Verringerung der Erosion. Neben den Pflanzen haben sich auch Pilze sowie Insekten und Kleinlebewesen etabliert.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Ergebnisse des Freilandversuchs trotz schwieriger Wetterbedingungen in der Startphase über die Erwartungen positiv ausfallen. Die mit den Substratmischungen versehenen Versuchsfelder weisen bereits nach einem Jahr eine nahezu geschlossene Vegetationsdecke auf, die auch in 2023 noch vorhanden ist. Insbesondere den beiden Aspekten Verhinderung von Erosion und Eingliederung ins Landschaftsbild kann wirkungsvoll Rechnung getragen werden. Der Zusatzaufwand der Substratkonditionierung wird durch den erheblich beschleunigten geschlossenen Bewuchs und die reduzierte Wahrscheinlichkeit für aufwendige und teure Nacharbeiten aufgehoben. Durch die Aussaat von Saatgutmischungen ein- und zweikeimblättrigen Pflanzenarten im Verhältnis 7:3 wird zudem sichergestellt, dass die biologische Diversität und damit primär auch der Wert für Insekten und Kleinstlebewesen gezielt erhöht werden kann. Nicht zuletzt erhöht die erreichte Vielfalt, die auch in der jahreszeitlichen Entwicklung der Flächen Ausdruck findet, die Akzeptanz der Rekultivierungsflächen innerhalb der Bevölkerung.

2.6 Ausblick

Auch in den kommenden Jahren soll die Versuchsfelder weiter wissenschaftlich betreut werden. Darüber hinaus erfolgt in einem Anschlussprojekt (RekuMat, FKZ 03WIR1907A) die Übertragung der neuen Rekultivierungstechnik auf alten Bergbauhalden mit anderem Matrixmaterial. Dort sollen ähnliche Spezialmischungen für eine schnelle Wiederbegrünung von Halden eingesetzt werden. Weiterhin wird untersucht ob die eingesetzten Pilze zu einer Fixierung und Immobilisierung von Schwermetallen beitragen können.

Danksagung

Die Projektpartner bedankt sich bei der Sächsischen Aufbaubank für die Förderung des Projektes Boden 2 (FKZ 100267811) sowie bei der Westsächsischen Entsorgungs- und Verwertungsgesellschaft mbH für die Bereitstellung der Versuchsfelder sowie für die Unterstützung bei der Versuchsdurchführung.

Literaturverzeichnis

- [1] RANGNO, N. ; BEHREND, L. ; KATH, S. ; MÄBERT, M. ; SCHEIDING, W.: *Entwicklung alternativer Substrate für die Kulturpilzproduktion aus nachwachsenden Roh- und Reststoffen (PAS)*. 2019. – Holztechnologie, 2019:37–41.
- [2] OTTOW, J.: *Mikrobiologie von Böden*. 2011. – Berlin
- [3] WELKE, L. M.: *Molekulare Artidentifizierung von Bakterien in Pilzsubstraten und Bodenproben: Praxisarbeit im IHD*. 2019
- [4] OEI, P.: *Mushroom Cultivation IV - Appropriate technologies for mushroom growers*. 2016. – ECO Consult Foundation
- [5] PENCKERT, P. ; ZENTNER, A. ; DORNACK, C.: *Pflanzversuche mit Materialmischungen aus Klärschlammkompost, Pilzkultursubstraten und Abraummaterial*. 2019. – Müll und Abfall(1)

Vergleich der Abfallproduktion in den Gebieten der territorialen Verwaltung in der Tschechischen Republik in den Jahren 2019 bis 2021

Srovnání produkce odpadu v krajích ČR v letech 2019 až 2021

Lukáš Zedek¹, Jan Šembera¹, Vratislav Žabka¹

Abstrakt

Účelem tohoto článku je ilustrace intuitivně chápaných souvislostí mezi společenskými a ekonomickými charakteristikami území a produkcí odpadů na dané lokalitě. Uvedené vztahy byly zkoumány na statistických datech z krajů České republiky v letech 2019 až 2021. Za účelem vyhodnocení dat byly využity volně dostupné nástroje jako Google Sheets, Python 3.8.16 a řada jeho knihoven, např. matplotlib, plotly, sklearn, numpy a další.

Kurzfassung

Die Präsentation stellt sich zum Ziel, die intuitiv verstandenen Zusammenhänge zwischen der gesellschaftlichen sowie wirtschaftlichen Ausprägung des Gebietes und der Abfallproduktion an dem entsprechenden Ort darzustellen. Die dargestellten Beziehungen wurden auf Basis von statistischen Daten aus den Gebieten der territorialen Verwaltung der Tschechischen Republik in den Jahren 2019 bis 2021 untersucht. Für die Auswertung der Daten wurden frei zur Verfügung stehende Tools verwendet, wie zum Beispiel Google Sheets, Python 3.8.16 und eine Reihe Register, wie matplotlib, plotly, sklearn, numpy und weitere.

1 Úvod

Odpady jsou produkovány v různých krajích ČR různou měrou. Celková produkce odpadů se skládá ze skupiny odpadů nebezpečných (NO) a ostatních odpadů (OO). Speciální podskupinou odpadů jsou odpady komunální (KO), které tvoří zhruba 1/8 celkové produkce a jejich původcem se odložením odpadu na určené místo stává obec.

Množství produkovaného odpadu může být ovlivněno řadou faktorů. Větší část z celkové produkce odpadů je důsledkem ekonomických činností různého druhu, tj. zjednodušeně řečeno podnikové odpady. Při hodnocení celkové produkce odpadů v krajích byly zohledněni čtyři významní původci odpadu a dva původci malého množství odpadu.

Kvůli odlišnému původu KO, bylo vyprodukované množství každého odpadu v krajích porovnáváno i s ohledem na sociální a demografické charakteristiky lokalit.

2 Statistické podklady

Datové podklady k hodnocení produkce odpadů byly čerpány ze stránek Českého statistického úřadu (ČSÚ). Konkrétní zdroje dílčích dat jsou uvedeny patřičných kapitolách.

¹Technická univerzita v Liberci, FM, lukas.zedek@tul.cz

2.1 Produkce odpadů v ČR podle odvětví

V roce 2008 byla v ČR zavedena klasifikace ekonomických činností (CZ-NACE). Na stránkách ČSÚ [1] jsou dostupné informace o produkci odpadů za tzv. sekce CZ-NACE. Na základě tohoto zdroje byly vytipovány 4 významné sekce produkující velké množství odpadu a 2 sekce s malou produkcí odpadu. Jedná se o:

- Stavebnictví (původci největšího množství).
- Veřejná správa a obrana; povinné sociální zabezpečení.
- Průmysl, těžba.
- Obchod a doprava.
- ...
- Věda, administrativa (původci malého množství).
- Peněžnictví.

Zásobování vodou; činnosti související s odpadními vodami, odpady a sanacemi – nebyly zohledněny, protože se nepodařilo dohledat další potřebná data o odvětví.

2.2 Celková produkce odpadů v krajích ČR

Informace o celkové produkci odpadů v krajích a o části, kterou tvoří nebezpečné odpady jsou k dispozici na stránkách ČSÚ [2](zde konkrétně pro rok 2021, s odkazy na předchozí léta). Dostupná je jak informace o celkové produkci odpadu v tunách, tak data vyjadřující produkci odpadu vztahenou na jednoho obyvatele.

2.3 Produkce komunálních odpadů v krajích ČR

Na stránkách ČSÚ jsou ke stažení rovněž soubory s daty týkajícími se množství v krajích vyprodukovaného komunálního odpadu. Rovněž tato čísla jsou vyjádřena jak v tunách produkce, tak v kilogramech na obyvatele.

2.4 Vybrané, zohledňované charakteristiky krajů

Pro posuzování vlivu vybraných charakteristik krajů byly vybrány:

- Počet obyvatel [ks] [3].
- Hustota zalidnění [ks/km²] [4].
- Zemřelí v krajích za rok [ks].
- Průměrná mzda [CZK].
- Medián mezd v krajích [CZK] [5].
- Počet nových bytů za rok [ks].
- Počet nových bytů na 1000 obyvatel za rok [ks].
- Hrubá přidaná hodnota 6-ti vybraných odvětví (CZ-NACE) s různě vysokou produkcí odpadů v krajích [6].

3 Agregace a úprava dat

Data o produkci odpadů v krajích a zvolené charakteristiky krajů byly seskupeny do společné tabulky podle let, čímž vznikl základní zdroj pro následnou analýzu.

Dále byl pro další testování navržen nový kvantifikátor množství odpadu, tedy produkce vztažená na plochu $\rho_{wi} = m_{wi}/S_i [t/km^2]$.

Za účelem tvorby interaktivních grafů a kontingenčních tabulek (zejména v Google Sheets) byly charakteristiky krajů reklasifikovány do podoby slovního hodnocení (kvantily – tercily, kvintily).

4 Hodnocení dat

Produkce odpadů se zpravidla kvantifikuje buď absolutním udaným množstvím v tunách nebo v kilogramech vyprodukovaných v přepočtu na jednoho obyvatele. Lépe patrné rozdíly v celkové produkci odpadů mezi kraji jsou pozorovatelné u absolutní produkce odpadů v tunách. Ke stejným zjištěním vede vztažení množství vyprodukovaného odpadu na plochu kraje.

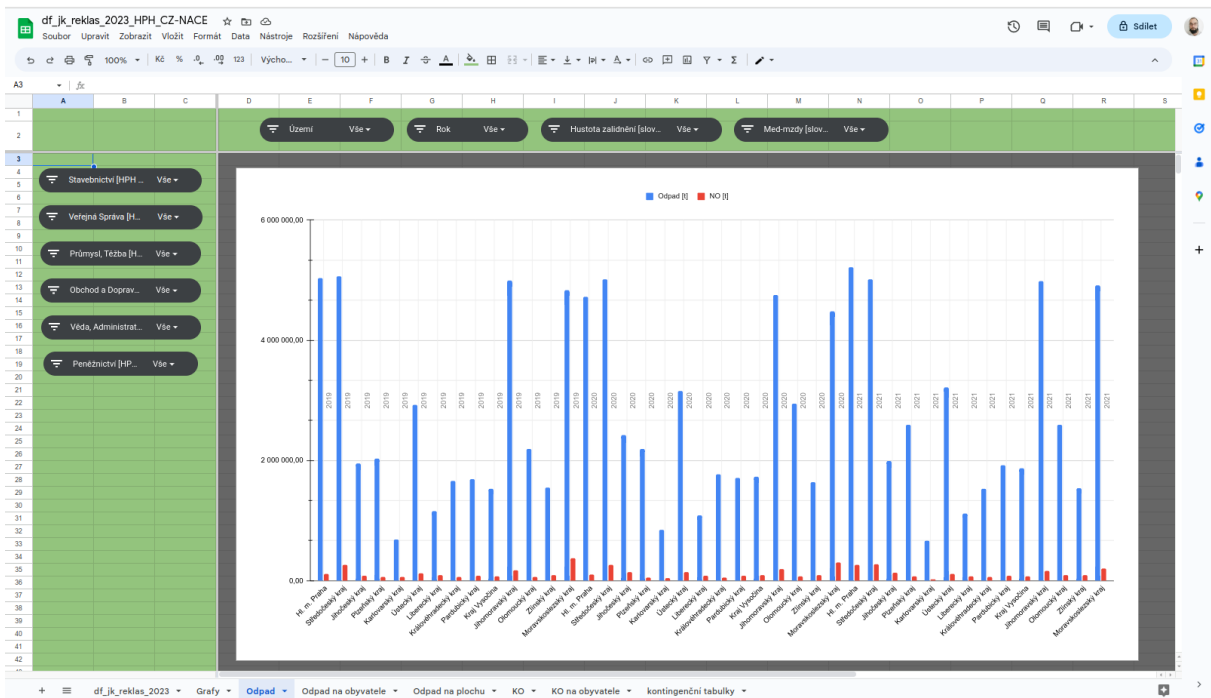
4.1 Google Sheets

4.1.1 Grafy na dashboardech s řezy

K vizualizaci srovnání produkce odpadů byl nejprve vyzkoušen volně dostupný, tabulkový procesor Google Sheets [7]. Využita byla data se slovně vyjádřenými hodnotami hustoty zalidnění, mediánu mezd a hrubé přidané hodnoty vybraných sekcí klasifikace ekonomických činností CZ-NACE [8]. Slovní vyjádření vybraných charakteristik krajů bylo použito k orientační kategorizaci záznamů s účelem filtrování a tvorby „kontingenčních tabulek“. Na několika záložkách byly vytvořeny interaktivní grafy s možností výběru zobrazovaných dat formou tzv. „řezů“. Jedná se o výše zmíněné filtry, které umožňují z celé datové sady použít pouze řádky / záznamy splňující vybraná kritéria, tj. spadající do vybraných kategorií. Je tak možné porovnat například: 4 zvolené kraje, ve 2 konkrétních letech s podmínkou, že v nich bylo dosaženo relativně vysoké, hrubé přidané hodnoty ve stavebnictví.

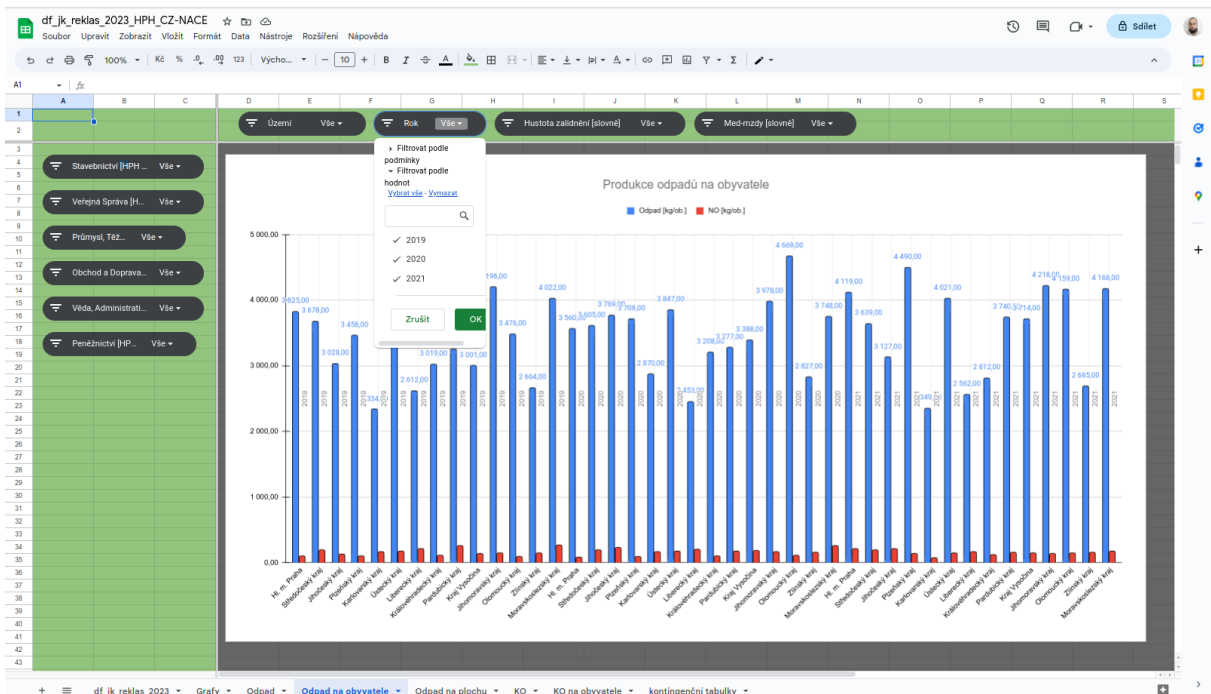
Celková produkce odpadu

Z celkové produkce odpadů v tunách za rok (viz Obrázek 1) je zřejmé, že 5 krajů se v tomto směru výrazně odlišuje od ostatních a na jejich území vzniká zřetelně více odpadu než jinde. Pět největšími původci odpadu jsou: Hlavní město Praha, Středočeský kraj, Jihomoravský kraj, Moravskoslezský kraj a Ústecký kraj. Srovnatelný s ústeckým je ještě kraj olomoucký.

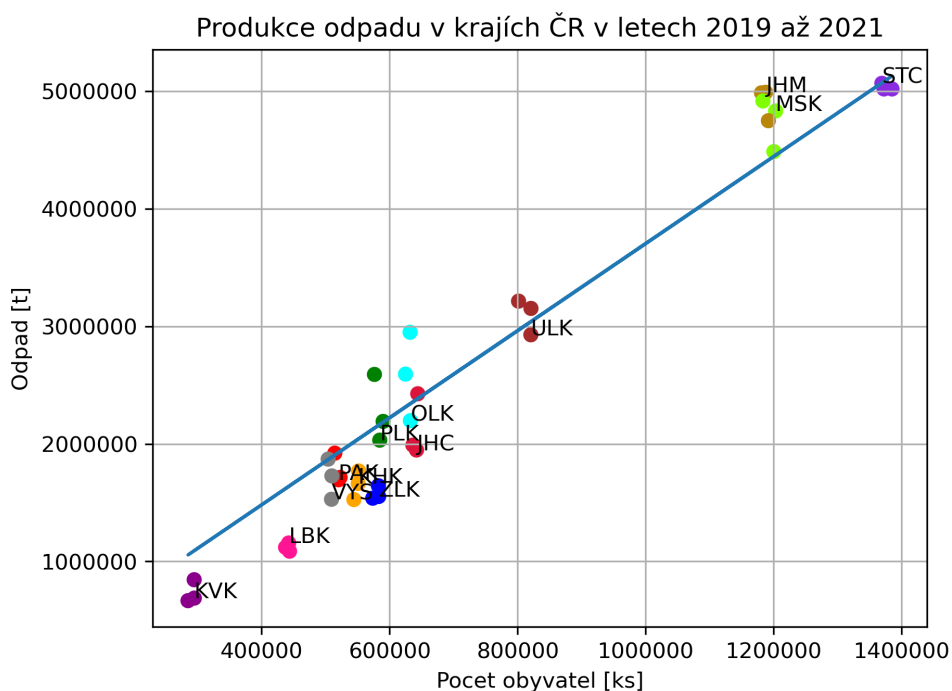


Obrázek 1: Celková produkce odpadů v krajích ČR v letech 2019 až 2021.

Méně názorný a vypovídající o celkovém množství vzniklých odpadů v krajích se zdá graf produkce vztahený na počet obyvatel (viz Obrázek 2). Z tohoto obrázku už není jednoznačně možné identifikovat hlavní místo původů odpadů.

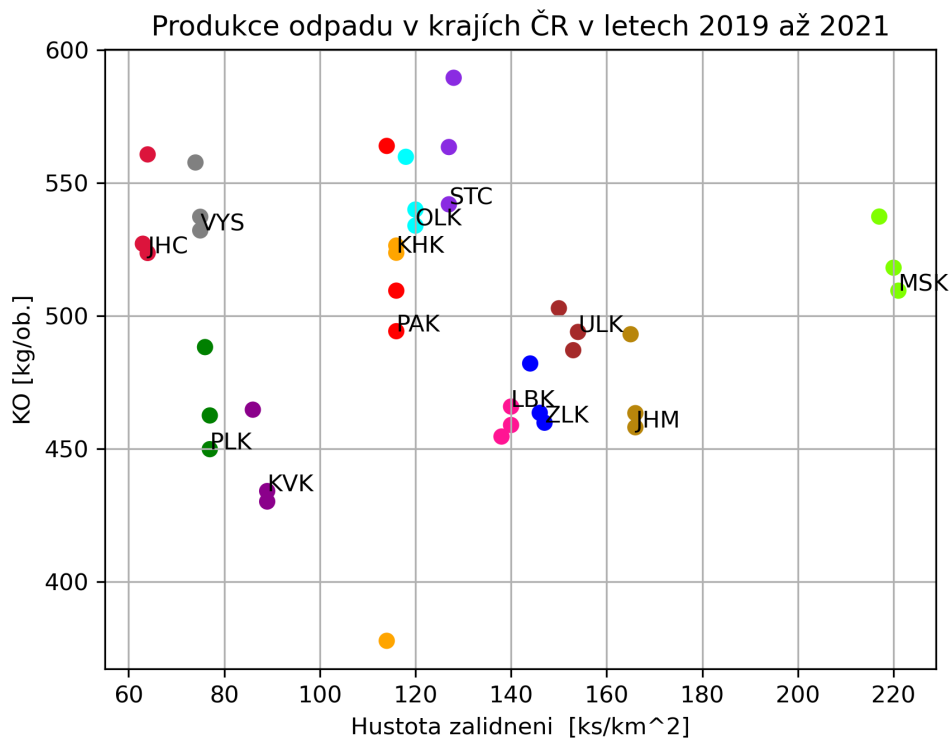


Obrázek 2: Celková produkce odpadů v krajích ČR za roky 2019 až 2021 vztahená na obyvatele.



Obrázek 4: Lineární závislost množství celkové produkce odpadu na počtu obyvatel.

Zajímavé je pozorování vztahu produkce KO a rozdílů v produkci KO na obyvatele v porovnání s hustotou zalidnění v krajích. S rostoucí hustotou zalidnění se množství produkovaného odpadu vztahované na obyvatele pohybuje jen v úzkém pásu hodnot, viz Obrázek 5.



Obrázek 5: Pokles množství komunálního odpadu s rostoucí hustotou zalidnění.

5 Výsledky

U celkové produkce odpadu v tunách grafy ukazují na její lineární závislost na několika zvolených, vzájemně korelovaných charakteristikách krajů. Nejlepší korelaci s produkcí odpadů vykazuje demografické charakteristiky jako počet důchodců, počet obyvatel a počet zemřelých následované hospodářskými charakteristikami, tj. HPH obchodu a dopravy a HPH stavebnictví. Pearsonovy korelační koeficienty vychází blízké jedné.

```
df['Duchodci [ks]'].corr(df['Odpad [t]']) => 0.9796
df['Pocet obyvatel\n[ks]'].corr(df['Odpad [t]']) => 0.9782
df['Zemreli [ks]'].corr(df['Odpad [t]']) => 0.9564
df['Obchod a\Doprava\n[CZK]'].corr(df['Odpad [t]']) => 0.9378
df['Stavebnictví\n[CZK]'].corr(df['Odpad [t]']) => 0.9367
```

U produkce odpadů v absolutním množství (tunách) figuroval počet obyvatel vždy mezi trojicí s odpadem (nebezpečným i komunálním) nelépe korelovaných charakteristik krajů.

U množství odpadů vzdáženého na jednoho obyvatele se zřetelnou závislost na charakteristikách objevit nepodařilo, ale toto není nutné, protože oba údaje je možné snadno vzájemně přepočítat.

Analogicky k množství odpadů by bylo možné ze znalosti počtu obyvatel aproximativně zjišťovat velkou část zbývajících demografických i hospodářských charakteristik krajů.

6 Závěr

Z provedené analýzy vyplývá, že produkci odpadů v krajích ČR v letech 2019 až 2021 lze velmi přesně vjádřit lineárními funkcemi závislejšími na počtu obyvatel. Při jeho znalosti zároveň stačí operovat s absolutními množstvími odpadů a ne s jejich hodnotami vztaženými na počet obyvatel.

Literatura

- [1] ČSÚ: *Produkce odpadů za sekce CZ-NACE*. <https://www.czso.cz/documents/10180/164986107/2800202201.pdf/28c65b85-1a49-45a4-ad72-0bd9aae42f8e?version=1.1>, [cit. 5. duben 2023].
- [2] ČSÚ: *Produkce, využití a odstranění odpadů - 2021*. <https://www.czso.cz/documents/10180/164986107/2800202204.pdf/987d3def-e83d-4843-aea0-cb712d32efdc?version=1.1>, [cit. 5. duben 2023].
- [3] ČSÚ: *Počet obyvatel - územní srovnání*. <https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/index.jsf?page=vystup-objekt-parametry&sp=A&skupId=3829&pvokc=&katalog=33155&pvo=DEM13&z=T>, [cit. 5. duben 2023].
- [4] ČSÚ: *Hustota obyvatel na km2*. <https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/cs/index.jsf?page=vystup-objekt-parametry&sp=A&pvokc=&katalog=30829&pvo=RS034&z=T>, [cit. 5. duben 2023].
- [5] ČSÚ: *Průměrná hrubá měsíční mzda a medián mezd - mezikrajské srovnání*. <https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/cs/index.jsf?page=vystup-objekt-parametry&pvo=MZD07&sp=A&pvokc=&katalog=30852&z=T>, [cit. 5. duben 2023].
- [6] ČSÚ: *Regionální účty - Vybrané ukazatele v odvětvovém členění a účty domácností - Hrubá přidaná hodnota v běžných cenách*. <https://apl.czso.cz/pl1/rocenka/rocenkavyber.volba?titul=Vybran%C3%A9%20ukazatele%20v%20odv%C3%A9tvov%C3%99m%20E81en%ECn%ED%20a%20FA%E8ty%20dom%E1cnost%ED&mypriznak=RD&typ=1&proc=rocenka.presB&mylang=CZ&jak=4>, [cit. 5. duben 2023].
- [7] Wikipedia: *Google Sheets*. https://en.wikipedia.org/wiki/Google_Sheets, [cit. 6. duben 2023].
- [8] ČSÚ – Odbor obecné metodiky: *KLASIFIKACE EKONOMICKÝCH ČINNOSTÍ (CZ-NACE)*. <https://www.czso.cz/documents/10180/20565267/021608.pdf/2f45895b-4c51-435b-a52a-0c7164dbf371?version=1.0>, [cit. 6. duben 2023].
- [9] Python Software Foundation: *Python 3.8.16*. <https://www.python.org/downloads/>, [cit. 6. duben 2023].

Stilllegung und Rekultivierung von Deponien mit geringen Gefährdungspotenzial im ländlichen Raum

Uzavírání a rekultivace skládek s nízkým potenciálem nebezpečí ve venkovských oblastech

Ulrich Stock¹

Kurzfassung

Laut Auskunft der Europäischen Kommission befinden sich im EU-Territorium bis zu 500.000 Abfalldeponien. Eine Strategie zum Umgang mit der Vielzahl dieser Deponien hat die Kommission nicht. Auch Brandenburg stand nach 1991 vor der Frage, wie mit den etwa 3000 betriebenen und 2000 stillgelegten Deponien umzugehen war.

Der Vortrag schildert den dabei beschrittenen Weg. Es mussten Lösungen gefunden werden, wie in kurzer Zeit mit einfachen Mitteln eine Vielzahl von Deponien unter Berücksichtigung des meist geringen Gefährdungspotentials gesichert werden konnten. Im Vortrag werden die angewendete Methodik sowie Ausführungsbeispiele beschrieben.

Abstrakt

Podle informací Evropské komise se na území EU nachází až 500 000 skládek odpadů. Strategii pro řešení řady těchto skládek Komise nemá. V roce 1991 stálo rovněž Braniborsko před otázkou, jak přistupovat ke zhruba 3 000 provozovaným a 2 000 uzavřeným skládkám.

V přednášce bude představena zvolená cesta. Bylo nutno najít řešení, jak během krátké doby pomocí jednoduchých prostředků zajistit větší počet skládek za zohlednění většinou nízkého rizikového potenciálu. V přednášce bude popsána použitá metodika a uvedeny některé praktické příklady.

¹Abteilungsleiter Technischer Umweltschutz, Landesamt für Umwelt Brandenburg, ulrich.stock@hotmail.de, 0049/33201-442/310

1 Einleitung

Auf eine Anfrage der Abgeordneten des Europäischen Parlaments Hilde Vautmans (ALDE - Parliamentary question E-007864/2015) antwortete die Europäische Kommission wie folgt [1]:

- Die Europäische Kommission schätzt die Anzahl der auf dem Territorium der EU existierenden Abfalldeponien mit 150.000 bis 500.000.
- Die Europäische Kommission hat keine Strategie für den Umgang mit diesen Deponien und keine Vorstellungen über die Kosten der Sanierung.
- Es gibt keine Förderung von Deponierückbauprojekten in der EU.

Für Brandenburg gibt es mit 5.193 festgestellten Ablagerungsstandorten eine sehr genaue Zahl [2]. Diese Zahl ist das Ergebnis einer in den Jahren 1992-1994 landesweit durchgeführten aufwendigen Erhebung aller Ablagerungsstandorte. Das wären bei einer Einwohnerzahl von etwa 2,5 Millionen eine Deponie auf 500 Bewohner.

Im Rahmen des Interreg-Projektes COCOON erhielt das LfU Informationen über die Zahl der Deponien in den Partnerregionen (siehe Tabelle 1) [3]. Daraus ergibt sich, dass die Zahl der Einwohner pro Deponie mit steigender Bevölkerungsdichte wächst. Sie dürfte also im EU-Maßstab (einschließlich Großbritannien) zwischen 500 (dünn besiedeltes Brandenburg) und 3000 (sehr dicht besiedelte Territorien Flandern und Niederlande) liegen. Bei Annahme der o.g. oberen Zahl 500.000 wären es 1000 Einwohner pro Deponie – eine sehr plausible Annahme.

Bis zur politischen Wende verfügte fast jede Gemeinde über eine Deponie. Diese wurden von den Bürgermeisterämtern verwaltet, weshalb sich für diese Deponien der Begriff „Bürgermeisterdeponie“ verbreitete. Der Autor fasst in diesem Beitrag alle Flächen zusammen, die für die Ablagerung von Abfällen zweckbestimmt wurden, auch solche, die unter dem Begriff „Altablagerung“ dem Rechtsregime des Bundes-Bodenschutzgesetzes zuzuordnen sind.

Tabelle 1: Anzahl von Deponien in ausgewählten Territorien.

| Territorium | Anzahl der Deponien | Bevölkerung | Bevölkerungsdichte | Einwohner je Deponie |
|------------------|-------------------------------|-------------|-------------------------|----------------------|
| Brandenburg | 5193 ¹⁾ | 2,5 Mio. | 88 Ew./km ² | Ca. 500 |
| Flandern | 2033 ¹⁾ | 6,7 Mio. | 495 Ew./km ² | Ca. 3000 |
| Niederlande | 6000 ²⁾ | 17,8 Mio. | 430 Ew./km ² | Ca. 3000 |
| Deutschland | 50000 – 100000 ²⁾ | 84,4 Mio. | 236 Ew./km ² | Ca. 800 - 1600 |
| EU ³⁾ | 150000 – 500000 ²⁾ | 514,9 Mio. | 115 Ew./km ² | Ca. 1000 - 3000 |
| Tschechien | 10000 ??? | 10,5 Mio. | 139 Ew./km ² | 1000 ??? |
| Slowakei | 7000 ??? | 5,5 Mio. | 114 Ew./km ² | 800 ??? |

¹⁾ Zählung

²⁾ Schätzungen im Internet

³⁾ einschl. Großbritannien

Das Brandenburger Umweltministeriums legte schon 1991 diejenigen Deponien fest, die für die weitere Abfallablagerung genutzt, dafür ertüchtigt und auf den Stand der Technik gebracht werden sollten verfügte die Betriebseinstellung aller anderen Deponien.

Damit stand das Land vor der Frage, was mit den Tausenden stillgelegter Deponien geschehen soll. Mit der Antwort auf diese Frage beschäftigt sich dieser Vortrag.

2 Bewertung des Gefährdungspotentials kleiner Deponien

In den Jahren 1992/93 wurden Hunderte Gefährdungsabschätzungen für Deponien in Brandenburg erarbeitet. Vorgaben existierten nicht, das Untersuchungsprogramm richtete sich meist nach den zur Verfügung stehenden Mitteln.

Es stellte sich schnell heraus, dass es unmöglich und auch unnötig war, für alle Deponien eine Gefährdungsabschätzung zu erarbeiten. Denn trotz großer Unterschiede bei den Untersuchungsprogrammen ergab sich ziemlich schnell ein einheitliches Bild: Das Gefährdungspotential der kleinen Deponien im ländlichen Raum ist gering.

Die Ergebnisse der Grundwasseranalytik für 4 Deponien sind in Tabelle 2 dargestellt. Wohl ist eine durch die Deponie verursachte Grundwasserbeeinflussung erkennbar, besorgniserregend sind die Werte aber nicht. Diese Ergebnisse müssen auf das Vorhandensein anderer Kontaminationsquellen geprüft werden. So sind die hohen Ammoniumwerte der Deponie 4 wahrscheinlich auf eine im Anstrom gelegene Fäkalienablassstelle zurückzuführen.

(Abdruck muss wegen der Begrenzung des Manuskripts entfallen. Der Autor verweist auf die Powerpoint-Präsentation).

Trotzdem war es aus 2 Gründen notwendig, die Sicherung und Rekultivierung dieser Deponien in Angriff zu nehmen:

- Unterbindung des weiteren Betriebs dieser Deponien.
- Wiedereinordnung der für die Abfallablagerung genutzten Flächen in die Landschaft.

3 Rechtliche Rahmenbedingen, Zuständigkeiten, grundsätzliches Vorgehen

Vorgaben für die Sicherung und Rekultivierung kleiner Deponien im ländlichen Raum, auf die das Landesumweltamt Brandenburg (LUA, heute: Landesamt für Umwelt LfU) hätte zurückgreifen können, gab es nicht. Die Anwendung der Vorgaben der Technischen Anleitung (TA) Abfall (1990) oder der TA Siedlungsabfall (1993), die sich am Stand der Technik für große

Deponien orientierten, hätte zu vollkommen unangemessenen Ergebnissen geführt.

Die Deponieverordnung (2009) schließt Deponien, deren Ablagerungsbetrieb vor dem 01. Januar 1997 beendet wurden, aus dem Geltungsbereich aus (§ 1 Abs. 3 Nr. 3 DepV) [4]. Weder die Vorschriften zu Oberflächenabdichtungen noch die daraus abgeleiteten Bundeseinheitlichen Qualitätsstandards müssen daher verpflichtend angewendet werden.

In einer Richtlinie [5] hat das LUA Kategorien unterschiedlichen Gefährdungspotentials definiert und für jede Kategorie Mindestanforderungen an die Sicherung und Rekultivierung festgelegt. Die jeweilige Deponie ist nach Prüfung im Einzelfall einer bestimmten Kategorie zuzuordnen und es sind konkrete Anforderungen an die Sicherungsmaßnahmen abzuleiten. Beim Vorhandensein einer Gefährdungsabschätzung kann die Zuordnung zu einer der Kategorien auf der Basis der Gefährdungsabschätzung erfolgen.

Auf der Grundlage dieser Richtlinie hat das LUA bis zum Jahresende 1997 mehrere Hundert Stilllegungsanordnungen erlassen. Seit 1998 liegt die Zuständigkeit für die Stilllegung der Bürgermeisterdeponien bei den Unteren Abfallwirtschaftsbehörden der Landkreise.

4 Kategorisierung und der abgeleiteten Maßnahmen

4.1 Kategorisierung

Bei der Bewertung und Zuordnung sind folgende Kriterien maßgeblich zu beachten:

- abgelagertes Abfallvolumen,
- Deponieinhalt: Art und Teilmengen der abgelagerten Stoffe,

Tabelle 2: Ergebnisse der Grundwasseranalytik ausgewählter Deponien.

| Parameter | Deponien | | | | Parameterlisten | | |
|-----------------------|----------|------|------|--------|-----------------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 |
| Leitfähigkeit [µS/cm] | 2540 | 1971 | 1754 | 6600 | | k.P. | 2790 |
| As [µg/l] | 21 | 2 | 5 | 31,2 | 10 | 3,2 | 10 |
| Pb [µg/l] | 5 | 5 | 5 | 27,1 | 10 | 1,2 | 10 |
| Cd [µg/l] | 1,06 | 0,5 | 4,58 | 0,5 | 3 | 0,3 | 3 |
| Cr ges. [µg/l] | 30 | 5 | 30 | --- | 50 | 3,4 | 50 |
| Cu [µg/l] | 35 | --- | 46 | 41,8 | 50 | 5,4 | k.P. |
| Hg [µg/l] | 0,1 | 0,5 | 0,5 | 0,05 | 1 | 0,1 | 1 |
| Zn [µg/l] | 1760 | 160 | 54 | 176 | 600 | 60 | k.P. |
| Fe [µg/l] | 6190 | --- | --- | --- | k.P. | k.P. | 200 |
| B [µg/l] | 100 | 830 | 1890 | --- | 1000 | 180 | 1000 |
| CN ges. [µg/l] | 10 | 5 | 0,01 | 9,16 | 50 | 50 | 50 |
| MKW [µg/l] | 48 | 100 | 20 | 991 | 200 | 100 | k.P. |
| Phenole [µg/l] | 21 | 3 | --- | 10,8 | 80 | 8 | k.P. |
| PAK [µg/l] | 3,22 | --- | --- | --- | 0,2 | 0,2 | 0,1 |
| Fluoride [µg/l] | 764 | --- | 1000 | --- | 1500 | 900 | 1500 |
| Chloride [mg/l] | 157 | 56 | 147 | 623,9 | k.P. | 250 | 250 |
| Sulfat [mg/l] | 795 | 600 | 670 | 1275 | k.P. | 250 | 250 |
| NH ₄ | 3060 | 43 | 130 | 164700 | k.P. | k.P. | 500 |
| NO ₂ | 510 | 50 | 550 | 12,5 | k.P. | k.P. | 100 |
| NO ₃ | 1,62 | 111 | 169 | 255,5 | k.P. | k.P. | 50 |

Deponien: 1 Schönwalde, 2 Fernneuendorf, 3 Jütchendorf, 4 Großbeeren

Parameterlisten:

1 - Bundes-Bodenschutzverordnung, Anlage 2, Tabellen 2 und

2 - Geringfügigkeitsschwellen für das Grundwasser, Anhang 2, Teil 1 und Teil 2

3 - Trinkwasserverordnung

k.P. – dieser Parameter ist in der Liste nicht enthalten

- geologische und hydrogeologische Verhältnisse im Deponiebereich und deren Umfeld:
 - Lage des Grundwasserspiegels in Bezug auf den Deponiekörper,
 - Geschütztheitsgrad des/der Grundwasserleiter (Schichtenausbildung im Einflussbereich der Deponie, Durchlässigkeit, horizontale und vertikale Verbreitung)
- Lage zu Trinkwasserschutzgebieten.

Folgende Kriterien können außerdem für die Kategorisierung herangezogen werden:

- Geometrie (Aufhaldung, Verfüllung ehem. Kiesgruben, Tagebaue etc.; flache Ablagerungen),
- Lage hinsichtlich sensibler Nutzungen: Kleingartenanlagen, Spiel-/ Sportplätze, Wohngebiete, Hausbrunnen,
- Lage zu sonstigen Schutzgebieten: Landschaftsschutzgebiete, Naturschutzgebiete,
- geplante Nachnutzung (einschl. der unmittelbaren Deponieumgebung).

Es werden die Kategorien A1, A2, B1 und B2 unterschieden.

Deponien mit geringem Gefährdungspotential werden der Kategorie A, Deponien mit höherem bzw. hohem Gefährdungspotential der Kategorie B zugeordnet (siehe Tabellen 3 und 4).

Tabelle 3: Zuordnung zu den Kategorien A1, A2.

| A1 | |
|----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| Art der abgelagerten Abfälle | Hausmüll, hausmüllähnliche Gewerbeabfälle, unkontaminierter Bauschutt |
| Nutzung | Sensible Nutzungen werden nicht betroffen |
| Deponievolumen | < 25.000 m ³ |
| Lage zu Trinkwasser-schutzzonen (TWSZ) | Außerhalb von TWSZ oder Innerhalb von TWSZ 2023/3 |
| Grundwasserleiter | Geschützt oder ungeschützt |
| A2 | |
| Art der abgelagerten Abfälle | Hausmüll, hausmüllähnliche Gewerbeabfälle, unkontaminierter Bauschutt |
| Nutzung | Sensible Nutzungen werden nicht betroffen |
| Deponievolumen | 25.000 m ³ – 150.000 m ³ < 80.000 m ³ |
| Lage zu Trinkwasser-Schutzzonen (TWSZ) | außerhalb von TWSZ oder Innerhalb von TWSZ III/2 innerhalb von TWSZ II oder TWSZ III/1 |
| Grundwasserleiter | geschützt oder ungeschützt ausreichend geschützt |

Tabelle 4: Zuordnung zu den Kategorien B1, B2.

| B1 | |
|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Art der abgelagerten Abfälle | Hausmüll, hausmüllähnliche Gewerbeabfälle, Bauschutt, keine Abfälle mit hohem Schadstoffpotential |
| Deponievolumen | 80.000/150.000 m ³ /150.000 m ³ – 500.000 m ³ |
| Lage zu Trinkwasser-Schutzzonen (TWSZ) | außerhalb von TWSZ oder Innerhalb von TWSZ III/2 innerhalb von TWSZ II oder TWSZ III/1 |
| Grundwasserleiter | geschützt oder ungeschützt ausreichend geschützt |
| B2 | |
| Art der abgelagerten Abfälle | Hausmüll, hausmüllähnliche Gewerbeabfälle, Bauschutt, keine Abfälle mit hohem Schadstoffpotential |
| Deponievolumen | > 500.000 m ³ |
| Lage zu Trinkwasser-schutzzonen | innerhalb von TWSZ II oder TWSZ III/1 gleichgültig |
| Grundwasserleiter | ungeschützt Deponiebasis im Grundwasser Überschwemmungsgebiet |

Die Tabellen geben die Originalformulierungen der Richtlinie von 1994 wieder. Mit dem Abstand von fast 30 Jahren fallen einige Ungereimtheiten auf. So müsste die Formulierung in B2 praxisnäher heißen „Anteile von Abfällen mit hohem Schadstoffpotential“.

Die für die Kategorisierung der Deponien benötigten Angaben können aus vorliegenden Unterlagen (Betriebstagebücher, Karten, sonstige Aufzeichnungen) unter Nutzung der Kenntnisse des für den Betrieb zuständigen Personals oder – wenn vorhanden – aus den Ergebnissen einer Gefährdungsabschätzung abgeleitet werden.

Die Erarbeitung von Gefährdungsabschätzungen ist immer geboten bei

- Deponievolumina $\geq 150.000 \text{ m}^3$

- Hinweisen auf die Ablagerung gefährlicher Abfälle mit wassergefährdenden Inhaltstoffen.

4.2 Maßnahmen zur Sicherung und Rekultivierung der Deponien

4.2.1 Kategorie A - geringes Gefährdungspotential

Der geordnete Abschluss kann durch einfache Sicherungsmaßnahmen erfolgen, die im Wesentlichen die Rekultivierung des Geländes zum Ziele haben.

Unter „einfachen Sicherungsmaßnahmen“ sind zu verstehen:

1. oberflächiges Absammeln von Schrott und Sperrmüll, der einer zugelassenen Entsorgungsanlage zuzuführen ist,
2. einfache Profilierung des Deponiekörpers und Herstellung eines Planums und/oder
3. Aufbringen einer Profilierungs- bzw. Ausgleichsschicht,

Die Profilierung des Deponiekörpers und das Aufbringen der Profilierungs- bzw. Ausgleichsschicht sind so vorzunehmen, dass der Deponiekörper im Endzustand ein leicht geneigtes Oberflächenprofil aufweist. Die Bildung von Mulden, in denen sich Oberflächenwasser sammeln kann, ist zu verhindern.

Die Oberfläche ist bei Ablagerungen der Kategorie A2 so zu profilieren, dass sie ein Gefälle von mindestens 5 % zum Rand aufweist. Böschungen dürfen nicht steiler als 1:3 ausgebildet sein.

Für die Herstellung der Profilierungs- bzw. Ausgleichsschicht kann nichtbindiger Erdaushub oder unbelasteter Bauschutt verwendet werden.

Die für die Durchführung der Sicherungsmaßnahmen Verantwortlichen und die zuständigen Behörden haben sicherzustellen bzw. zu kontrollieren, dass nur unkontaminierter Erdaushub, Bauschutt und Mutterboden o.ä. verwendet werden.

5. Aufschütten einer wenigstens 50 cm mächtigen kulturfähigen Schicht und Grasansaat o der Bepflanzung mit z.B. Strauchwerk oder anderen Flachwurzlern,
6. Installation von Grundwasserüberwachungspegel (nur bei Anlagen der Kategorie A2).

Es ist gegebenenfalls durch Entwässerungsgräben am Fuß des Deponiekörpers sicherzustellen, dass bei Starkregen abfließendes Wasser benachbarte Flächen nicht überflutet.

Die Installation von Grundwasserüberwachungspegeln für nachfolgende, längerfristige Grundwasserüberwachungsmaßnahmen ist nach Art und Umfang entsprechend den standortspezifischen Erfordernissen zu konzipieren und durchzuführen.

4.2.2 Kategorie B - höheres bzw. hohes Gefährdungspotential

In Brandenburg sind Deponien der Kategorie B nur selten im ländlichen Raum anzutreffen. Diese Deponien sind typisch für Kleinstädte, größere Gemeinden oder Gemeindeverbände.

Deponien der Kategorie B1 sollen im Unterschied zu solchen der Kategorie A eine Oberflächenabdichtung mit einem dichtenden Element erhalten. Dieses dichtende Element kann eine mineralische Dichtungsschicht, eine überlappend verlegte Kunststoffdichtungsbahn oder ein sonstiges Dichtungselement, vorzugsweise ein solches, welches Gegenstand eines Bundes einheitlichen Qualitätsstandards ist, sein.

Folgende Sicherungsmaßnahmen sind auszuführen:

1. oberflächiges Absammeln von Schrott und Sperrmüll, der einer zugelassenen Entsorgungsanlage zuzuführen ist,
2. Profilierung einschließlich Böschungs- und Randgestaltung

Die Oberfläche der Deponie ist so zu profilieren, dass sie nach Abklingen der Setzungen ein Gefälle von mindestens 5 % zum Rand aufweist. Die Profilierung kann durch Aufschüttung von Bauschutt oder Erdaushub oder durch Umlagerung des Mülls erfolgen.

Falls erforderlich, sind die Böschungen so abzufachen, dass die Standsicherheit des Deponiekörpers gewährleistet ist und Erdarbeiten auf den Böschungen durchgeführt werden können (in der Regel Neigungen nicht größer als 1:3).

4. Oberflächenabdichtungssystem

Bei Aufbringung einer mineralischen Dichtungsschicht haben sich folgende Anforderung an den Durchlässigkeitsbeiwert herauskristallisiert: im Mittel $5 \cdot 10^{-8}$ m/s bis $5 \cdot 10^{-9}$ m/s, zulässige Gesamt-Schwankung um den Mittelwert: eine Zehnerpotenz.

Ein Eignungsnachweis ist zu erbringen.

Die letzte Schicht unterhalb der Dichtung muss als gaswegsames Schicht ausgebildet sein, entweder durch entsprechende Auswahl des Profilierungsmaterials oder Aufbringung einer gaswegsameren Ausgleichsschicht.

Die Dränage des auf der Dichtung aufgestauten Wassers muss sichergestellt sein. Es ist eine Rekultivierungsschicht aufzubringen, deren Mächtigkeit und Beschaffenheit Frostsicherheit der Dichtung und Begrünung der Deponie ermöglicht.

Die Dichtung ist vor mechanischer Beschädigung und/oder Erosion zu schützen.

5. Fassung und Ableitung des Oberflächenwassers

Oberflächenwasser ist schadlos abzuführen. Dazu sind geeignete Entwässerungselemente vorzusehen. Über die Dimensionierung ist ein Nachweis zu führen. Die Ableitung oder Versickerung hat so zu erfolgen, dass ein seitliches Eindringen von Oberflächenwasser in den Deponiekörper ausgeschlossen ist.

Deponien, die der Kategorie B2 zugeordnet werden müssen, sind nach den Vorgaben der geltenden Rechtsnorm für die Sicherung der Deponieklasse II stillzulegen. Zum Zeitpunkt der Herausgabe der Richtlinie war geltende Rechtsnorm die Technische Anleitung Siedlungsabfall (TASie), seit 2009 ist es die Deponieverordnung (DepV).

5 Fallbeispiele

Haupthindernis für die schnelle Sicherung und Rekultivierung der kleinen ländlichen Müllablagerungen war die geringe Finanzkraft der Kommunen des Landes Brandenburg, die die Mittel für die Sicherungsmaßnahmen nicht aufbringen konnten.

Das damalige Umweltministerium Brandenburgs und das Landesumweltamt propagierten daher ein Finanzierungsmodell, bei dessen Anwendung den Kommunen keine Kosten entstehen sollen. Es beruht auf dem Gedanken, dass die Sicherungsmaßnahmen aus Erlösen finanziert werden, die durch die Annahme von Bauschutt und Bodenaushub für die Profilierung, Abdeckung und Rekultivierung des Deponiekörpers erzielt werden.

Die Grenzen dieses Modells sind dann erreicht, wenn die (rechtlich zulässige) technisch für die Profilierung erforderliche Menge für die Gegenfinanzierung der Rekultivierungsmaßnahmen nicht ausreicht. Die Orientierung der Menge des Profilierungsmaterials am finanziell erforderlichen Maß ist unzulässig.

Neuralgischer Punkt ist die Sicherstellung, dass nur genehmigtes und geeignetes Profilierungsmaterial zum Einsatz kommt. Hier sind Eigentümer (meist die Gemeinde) und die Aufsichtsbehörde gefragt. Es gibt Beispiele, bei denen die Stilllegungsmaßnahmen im Desaster endeten, weil die Aufsicht durch die beauftragende Gemeinde völlig versagte.

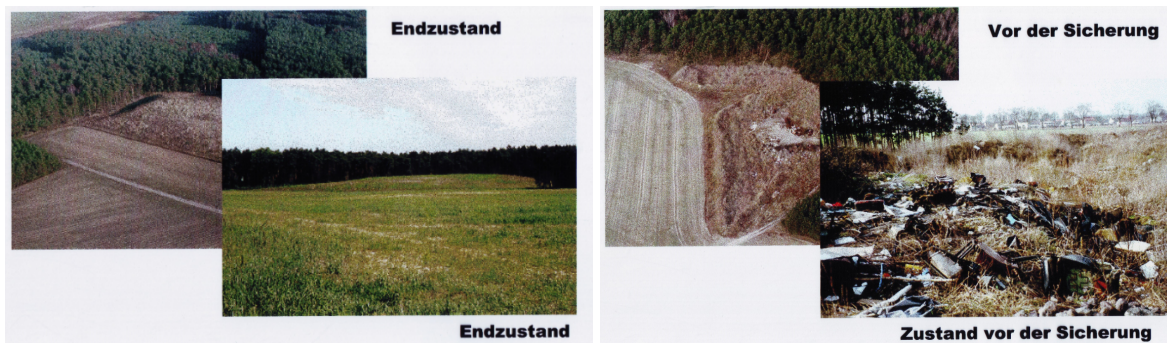


Abbildung 1: Zustand der Deponie Paaren vor und nach der Sicherung.

5.1 Deponie Paaren (Landkreis Havelland)

Die Deponie Paaren nimmt eine Fläche von ca. 1,6 ha ein, auf der ca. 50.000 m³ Siedlungsabfälle und Bauschutt abgelagert wurden. Der Deponiebetrieb wurde 1991 eingestellt. Die Bewertung des Gefährdungspotentials führte zur Einstufung in die Kategorie A [6].

Durch ein Ingenieurbüro wurde ein Konzept erarbeitet, das einen Erläuterungsbericht, Planzeichnungen und Profildarstellungen sowie Angaben über benötigte Mengen und Qualität des Abdeckmaterials enthielt. Die Art der Rekultivierung wurde beschrieben und mit der zuständigen Unteren Naturschutzbehörde abgestimmt.

Das Konzept sah die Profilierung und Abdeckung der Deponie mit ca. 30.000 m³ Erdaushub (inklusive der Rekultivierungsschicht) vor. Auf der Basis des Konzeptes erließ das Landesumweltamt eine Anordnung nach dem Abfallgesetz.

Vor der Abdeckung der Deponie wurde die Oberfläche von Schrott beräumt. Es war außerdem erforderlich, Böschungen zurückzubauen und eine Umprofilierung auf eine Böschungsneigung von 1 : 3 vorzunehmen. Je 2.000 m³ des angelieferten Materials wurde eine Mischprobe entnommen und auf die Einhaltung der zulässigen Schadstoffbelastung untersucht.

Bei dem für die Profilierung eingesetzten Material handelte es sich um unbelasteten Erdaushub, der bei einer Baumaßnahme des Unternehmens in der Nähe der Deponie anfiel.

Materialbereitstellung, -transport, -einbau und die sonstigen Rekultivierungsmaßnahmen wurden durch ein Bauunternehmen realisiert.

Das Unternehmen setzte eine bestimmte Summe an, die es sonst für die Zwischenlagerung oder Entsorgung des Erdaushubs aufzuwenden hätte, und erbrachte in Höhe dieser Summe Leistungen zur Sicherung und Rekultivierung der Deponie. Zwischen der Gemeinde Paaren und dem Unternehmen wurde ein Vertrag abgeschlossen, der die Erbringung dieser Leistungen zum „Nulltarif“ beinhaltete.

Außerdem konnte das Bauunternehmen der Gemeinde die Mittel für den Ankauf des Deponiegeländes von einem Privateigentümer, die Teilungsvermessung des Grundstückes und die Durchführung der Qualitätskontrollen (Analysen des Erdaushubs) zur Verfügung stellen.

Die Kosten der 1996 ausgeführten Maßnahmen wurden mit 150.000 DM (nach heutigem Gelde also ca. 75.000 €) beziffert.

Die Erarbeitung des Schließungskonzeptes wurde im Rahmen eines Modellvorhabens durch das MUNR Brandenburg finanziert.

Durch die Abdeckung der Deponie, die Erzeugung eines Gefälles zum Deponierand in Verbindung mit einer dichten Vegetationsdecke wurde nicht nur eine optische Verbesserung des Zustandes erzielt, sondern auch der Eintrag von Niederschlagswasser in den Deponiekörper wirksam vermindert.

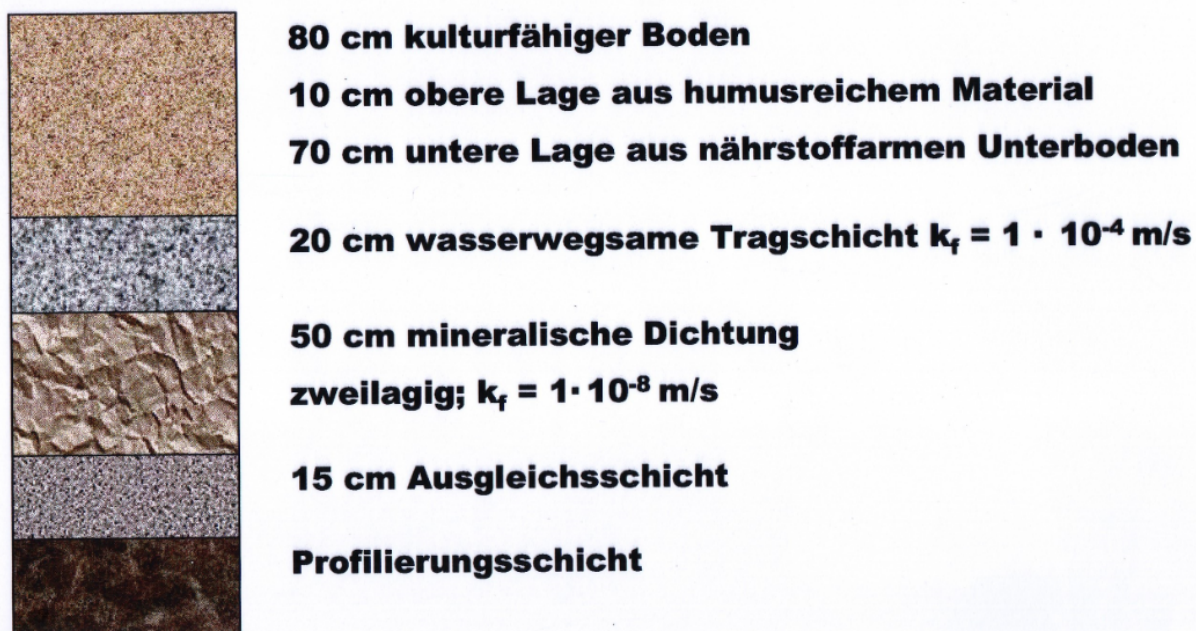


Abbildung 2: Aufbau der Oberflächenabdichtung der Deponie Michelsdorf.

5.2 Deponie Michelsdorf (Landkreis Potsdam-Mittelmark)

Die gesamte Deponiefläche (einschließlich Nebenflächen) beträgt rund 2,75 ha. Es kamen mehr als 150.000 m³ Abfall zur Ablagerung (Siedlungsabfälle und Bauschutt).

Der Betrieb der Deponie wurde nach einem Brand im Oktober 1992 eingestellt.

Aufgrund der Ablagerungsmenge wurde die Deponie in die Kategorie B1 eingestuft, was zur Folge hatte, dass auf der Deponie mit einer Oberflächenabdichtung versehen wurde [6].

Durch ein beauftragtes Ingenieurbüro wurde eine Planung erarbeitet, die alle erforderlichen Lage- und Konstruktionspläne für die Erdbauarbeiten und Entwässerungseinrichtungen enthielt. Diese Planung war Grundlage einer Sicherungsanordnung des Landesumweltamtes.

Vor Aufbringung der Oberflächenabdichtung wurde die Deponie profiliert und mit einem ausreichenden Gefälle von der Grubenkante zum Deponiefuß an der offenen Seite versehen.

Die Kosten in Höhe von 900.000 DM (ca. 450.000 €) zu 50

5.3 Deponie Klausdorf (Landkreis Teltow-Fläming)

Die Deponie Klausdorf besteht aus 2 in unmittelbarer Nachbarschaft liegenden Deponiekörpern, die im Schrifttum als „Altdeponie“ und „Am Weiher“ bezeichnet werden. Sie wurde seit den frühen 60er Jahren des 20. Jahrhunderts bis zum 1. Juli 1991 betrieben, seit 1974 mit dem Status einer „geordneten Deponie“ [7].

Auf einer Fläche von 4,5 ha wurden 420.000 m³ Abfall abgelagert, zur Ablagerung kamen Hausmüll, Bauschutt, Asche und Schrott aus den Ortschaften Mellensee und Klausdorf sowie Aushubmassen aus einem Tontagebau. Es liegen keine Informationen über die Ablagerung gefährlicher Abfälle vor.

Der obere, lokal ausgebildete Grundwasserleiter ist durch die Deponie beeinflusst. Der Hauptgrundwasserleiter ist durch eine etwa 20m mächtige bindige Schicht geschützt, zwischen beiden Grundwasserleitern besteht keine Verbindung. Die Deponie liegt außerhalb von Trinkwasserschutz-zonen. Deponiegas wurde nicht festgestellt.

Eine Gefährdungsabschätzung wurde angefertigt. Dazu wurden 25 Rammkernsondierungen zur Erkundung der geologischen Verhältnisse abgeteuft und 5 Grundwasserbeobachtungs-



Abbildung 3: Zustand der Deponie Klausdorf vor und nach der Sicherung.

stellen installiert.

Auf der Basis der beschriebenen Richtlinie hätte die Deponie wegen des relativ großen Deponievolumens in die Kategorie B1 eingestuft werden müssen. Die Gefährdungsabschätzung belegt jedoch, dass die Deponie nur über ein geringes Gefährdungspotential verfügt, so dass das LUA die Deponie letztendlich als A2-Deponie bewertete. Hauptargument war der hohe Geschütztheitsgrad des Hauptgrundwasserleiters.

Es wurden folgende Maßnahmen ausgeführt:

- Entfernung von Schrott und Sperrmüll von der Deponieoberfläche.
- Profilierung des Deponiekörpers, so dass Oberflächenwasser von der Deponie abfließen kann (Gefordert wurde eine Mindestneigung von 5°. Letztendlich hatten die Hänge Neigungen von 1:12 bis 1:5.).
- Anlegen eines die Deponie umlaufenden Entwässerungsgraben zur gefahrlosen Ableitung von Oberflächenwasser.
- Aufbringen einer Rekultivierungsschicht, bestehend aus 50cm rekultivierungsfähigem Boden. Maßstab für die Festlegung der zulässigen Schadstoffbelastung war die Belastung benachbarter Böden.

Es wurden für die Profilierung und Rekultivierung 160.000 m³ Profilierungsmaterial und 25.000 m³ Bodenmaterial eingesetzt [8].

Die Baumaßnahmen wurden in den Jahren 1996/97 ausgeführt.

Angaben zu den Kosten liegen dem Autor nicht vor. Es ist jedoch bekannt, dass die Einnahmen aus der Annahme des Profilierungsmaterials die Gesamtkosten nicht deckten.

2 der Grundwassermessstellen (eine im Anstrom, eine im Abstrom) wurden für die weitere Grundwasserbeobachtung ausgebaut.

5.4 Paketlösungen

In den Hochzeiten der Deponiesicherungskampagne initiierte das Brandenburgische Umweltministerium Musterprojekte, bei denen mit einem Auftrag mehrere Deponien gesichert wurden („Paketlösung“). Diese Projekte wurden aus Mitteln des Umweltministeriums Brandenburgs sowie des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales gefördert.

Zu dieser Zeit herrschte große Arbeitslosigkeit in Brandenburg. Der Einsatz von Menschen, die im Zuge der wirtschaftlichen Umstrukturierungen ihren Arbeitsplatz verloren haben, bei einfachen, ohne Maschineneinsatz realisierbaren Arbeiten im Rahmen sogenannter „Arbeitsbeschaffungsmaßnahmen“ (ABM) war ein Mittel, diesen Menschen zumindest zeitweise eine sinnvolle Beschäftigung zu geben.

Eine dieser Maßnahmen sei hier kurz beschrieben [9]:

- 8 Deponien im Landkreis Elbe-Elster, Programm zur Beseitigung oder landschaftsgerechten Anpassung kommunaler Altablagerungen.
- Ablagerungsflächen 0,15 bis 1 ha, in Summe 3,9 ha, keine Angaben zum Abfallvolumen.
- Zuordnung zur Kategorie A1.
- Sicherung und Rekultivierung nach den Vorgaben der Richtlinie für die Kategorie A1.

An den Sicherungsmaßnahmen waren 30 Personen (darunter 9 Frauen) beteiligt. Im Rahmen der ABM wurden diese Personen zu den Themen, Landschaftsgestaltung, Naturschutz, Forstwirtschaft und fachgerechte Bedienung von Werkzeugen und Baumaschinen geschult.

Für den notwendigen Einsatz schwerer Technik wurden Fremdfirmen beauftragt.

Die Maßnahmen wurden im Jahr 2000 ausgeführt.

Folgende Arbeiten wurden ausgeführt:

- Absammeln von Abfällen (Schrott, Sperrmüll etc.),
- Profilierung des Deponiekörpers und Herstellung eines Planums,
- Aufbringen der Profilierungs- und Rekultivierungsschicht,
- Ansaat von Rasen und Pflanzen von Flachwurzlern.

Die Kosten betragen 513.086 €(1.000.518 DM), davon 373.488 €(728.302 DM) aus Mitteln zur Arbeitsförderung (Arbeitskosten und Schulungen) 139.598 €(272.216 DM) aus Fördermitteln des Umweltministeriums Brandenburg (Technikeinsatz, Entsorgung abgesammelter Abfälle).

Literaturverzeichnis

- [1] *Official answer of the EC 28-7-2015.* <http://www.eurelco.org>, . – First Seminar about Enhanced landfill mining, 20. October 2015, European parliament
- [2] *Abfallwirtschaftsprogramm Brandenburg.* – Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Raumordnung Brandenburg, 1997[08]
- [3] *Report on mapping – analysis of the March 2017 COCOON questionnaire.* – Interreg COCOON, COCOON-Dokumente (intern) 2017
- [4] *Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung - DepV).* – vom 27.04.2009, zuletzt geändert durch Artikel 3 der Verordnung vom 9. Juli 2021 (BGBl. I S. 2598)
- [5] *Richtlinie für die Sicherung und Rekultivierung von Deponien mit geringem Gefährdungspotential.* – Landesumweltamt Brandenburg, 1994 (unveröffentlicht)
- [6] *Vorgangsakten des Landesumweltamtes.* – jetzt bei den zuständigen Kreisverwaltungen
- [7] *Abschluss-Konzept der ehemaligen Abfallentsorgungsanlage Klausdorf „Am Weiher“ und der Altablagerung Klausdorf „Altdeponie“.* – ARTE Deponierekultivierung GmbH, 17.09.1996
- [8] *Dokumentation zur Bauabnahme Sicherung und Rekultivierung der ehemaligen Siedlungsabfalldeponie Klausdorf „Am Weiher“.* – ARTE Deponierekultivierung GmbH, 25.07.1997
- [9] *Programm zur Beseitigung oder landschaftsgerechten Einpassung kommunaler Altablagerungen – Erste Ergebnisse und Erfahrungen unter Einbindung der Arbeitsförderung im Zeitraum 1998 bis 2000.* – Landesagentur für Struktur und Arbeit (LASA) Brandenburg GmbH, April 2001

Abfallsortierung während COVID

Třídění odpadů za COVIDu

Jaroslava Frajová¹, Anna Šíma Kopková²

Abstrakt

Vztah mládeže, kovidového období a odpadu. Tyto klíčová slova vyjadřují téma, kterým se zabývá tento článek. Odpadové hospodářství čelí náročné transformaci. Recyklace a třídění odpadu je zdaleka zanedbané téma v praktickém provedení. Jak přistupuje spotřebitel k tématu třídění odpadu, kde bere informace a jak žáci a studenti vnímají tento odpadový problém. Jak se tento problém projevil v době kovidu. Jak se změnil návyky v době kovidové směrem uživatel a třídění odpadů? Na základě dotazníkové studie 300 žáků z Libereckého kraje bylo zjištěno, jak zacházejí s obalovým odpadem, jaká je jejich informovanost a jak přistupovali v době kovidu k třídění odpadu obalů.

Kurzfassung

Beziehung der Jugend, der Covid-Pandemie und des Abfalls. Mit diesen Stichwörtern wird das Thema zum Ausdruck gebracht, mit dem sich dieser Beitrag befasst. Die Abfallwirtschaft muss einer anspruchsvollen Transformation standhalten. Das Abfallrecykeln und Sortieren ist in seiner praktischen Ausführung ein bei Weitem vernachlässigtes Thema. Wie greift der Verbraucher das Thema der Abfallsortierung auf, woher bekommt er Information und wie nehmen dieses abfallwirtschaftliche Problem Schüler und Studenten wahr? Wie kam dieses Problem während der Covid-Pandemie zum Ausdruck? Wie haben sich die Gewohnheiten während der Covid-Pandemie in der Beziehung Nutzer und Abfallsortierung entwickelt? Auf Grundlage einer Fragebogenumfrage unter 300 Schülern aus dem Liberecký kraj konnte festgestellt werden, wie sie mit Verpackungsabfällen umgehen, wie der Stand ihrer Informationen ist und wie sie an die Sortierung von Verpackungen während der Covid-Pandemie herangegangen sind.

¹Fakulta umění a architektury, Technická univerzita v Liberci, Studentská 1402/2, 46117 Liberec, jaroslava.frajova@tul.cz

²Fakulta umění a architektury, Technická univerzita v Liberci, Studentská 1402/2, 46117 Liberec

| | |
|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| Titel | 19. Kreislaufwirtschaft- und Deponieworkshop Zittau-Liberec 2023 |
| Název | 19. Workshop o oběhovém hospodářství a skládkování, Žitava-Liberec 2023 |
| Autor | Autorenkollektiv |
| Autor | kolektiv autorů |
| Editor | Lukáš Zedek |
| Ausgerichtet für Určeno pro | Teilnehmende des Workshops účastníky workshopu |