Europäische Union. Europäischer Fonds für regionale Entwicklung: Investition in Ihre Zukunft / Evropská unie. Evropský fond pro regionální rozvoj: Investice do vaší budoucnosti

Regio

Verein zur Förderung von Biomasse und nachwachsenden Rohstoffen Freiberg e.V.

Energiepflanzenanbau und Formulierung von regionalen und grenzüberschreitenden Biomasse-Wertschöpfungsketten in der Euroregion Erzgebirge/

Produkce enegetických rostlina formulace regionálních a přeshraničních hodnotových retězců v euroregionu Krušnohoří

Endbericht des Ziel3 Projektes „RekultA“/
Závěrečná zpráva Cíl3 projektu „RekultA“

Ziel 3 | Cíl 3
Ahoj sousede, Hallo Nachbar.
2007-2013. www.ziel3-cil3.eu

RekultA

Herausgeber/ Vydavatel:

Verein zur Förderung von Biomasse und nachwachsenden Rohstoffen Freiberg e.V./ Sdružení pro podporu produkce biomasy a obnovitelných zdrojů Freiberg e.V.)
Hauptstr. 13
09623 Rechenberg-Bienenmühle OT Clausnitz

RekultA-Kontaktbüro Freiberg, Hauptstr. 150, 09599 Freiberg

im Rahmen des Projektes/ v rámci projektu

„RekultA“ -.
"Rekultivierung großflächig schwermetallbelasteter Areale
und Bergbaufolgelandschaften der Euroregion Erzgebirge durch standortangepaßte Anbausysteme nachwachsender Rohstoffe zur energetischen Verwertung" (Förderzeitraum Oktober 2010 bis März 2014)/
„Rekultivace plošně zatížených areálů těžkými kovy a ploch po hnědouhelné těžbě v euroregionu Krušnohoří pomocí optimalizované produkce obnovitelných zdrojů k energetickému využití“ (dotační období říjen 2010 až březen 2014)

Gefördert durch das Ziel 3/Cíl 3-Programms der Europäischen Union zur Förderung der grenzübergreifenden Zusammenarbeit 2007-2013 zwischen dem Freistaat Sachsen und der Tschechischen Republik / Podporováno z programů Cíl 3/Ziel 3 Evropské unie k podpoře přeshraniční spolupráce 2007-2013 mezi svobodným státem Sasko a Českou republikou

Stand:
März 2014/Březen 2014

Bilder:
Wenn kein Verweis am Bild vorhanden: Verein zur Förderung von Biomasse und nachwachsenden Rohstoffen Freiberg e.V. und Institut für Pflanzenbau Prag – Außenstelle Chomutov / Sdružení pro podporu produkce biomasy a obnovitelných zdrojů Freiberg e.V. a Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.- Větev Chomutov)

INHALTSVERZEICHNIS/OBSAH

1 Einleitung/ÚVOD 1

1.1 Einleitung in deutscher Sprache / Úvod do německého jazyka 1

1.2 Úvod v češtině / Einleitung in tschechischer Sprache 2

2 Aufgabenstellung/ STANOVENÍ ÚKOLU 3

2.1 Aufgabenstellung in deutscher Sprache / Stanovení úkolu v německém jazyce . 3

2.2 Stanovení úkolu v češtině / Aufgabenstellung in tschechischer Sprache 6

3 Projektergebnisse in deutscher Sprache / Výsledky projektu v německém jazyce 10

3.1 Wissenschaftliche Primär- und Sekundärliteraturanalyse zum Anbau von nachwachsenden Rohstoffen auf Schwermetallkontaminierten Arealen der Region Freiberg und Bergbaufolgeflächen der Region Chomutov“ 10

3.1.1 Ergebnisse in deutscher Sprache 10

3.1.2 Ergebnisse in tschechischer Sprache: 24

3.2 Ermittlung des Biomasse- und Verwertungspotentials der Euroregion Erzgebirge 26

3.2.1 Ergebnisse auf deutscher Seite 26

3.2.2 Ergebnisse auf tschechischer Seite: 30

3.3 Wissenschaftliche Evaluation der Anbauversuche 41

3.3.1 Ergebnisse auf deutscher Seite 41

3.3.2 Ergebnisse auf der tschechischen Seite 56

3.4 Formulierung regionaler grenzüberschreitender Biomasse - Kreislaufkonzepte 59

3.5 Gesamtbewertung und Schlußfolgerung 71

4 EDKY PROJEKTU v českém jazyce / Projektergebnisse in tschechischer Sprache 75

4.1 Vědecká analýza primární a sekundární literatury pro pěstování obnovitelných surovin na těžkými kovy kontaminovaných areálech regionu Freiberg a post-těžebním území v regionu Chomutov. 75

4.1.1 Výsledky na německé straně 75

4.1.2 Výsledky na české straně 88

4.2 Stanovení potenciálu biomasy a využívání biomasy na německé straně Euroregionu Krušnohoří 90

4.2.1 Výsledky na německé straně 90

4.2.2 Výsledky na české straně 94

4.3 Vědecké hodnocení polních pokusů 105

4.3.1 Výsledky na německé straně 105

4.3.2 Výsledky na české straně 119
4.4 Stanovení reionálních přeshraničních řetězců využití biomasy 121
4.5 CELKOVÉ ZHODNOCENÍ A ZÁVĚREČNÝ SOUHRN 131

Literaturverzeichnis / LITERATURASEZNAM 135

1 EINLEITUNG/ÚVOD

1.1 Einleitung in deutscher Sprache / Úvod do německého jazyka

Das Ziel des Projektes RekultA ist ein „Grenzüberschreitender Aufbau einer regionalen Biomasse-Kreislaufwirtschaft zur nachhaltigen Nutzung schwermetallbelasteter landwirtschaftlich genutzter Flächen und Bergbaufolgelandschaften“.
Im ersten Schritt wurden in der Euroregion Erzgebirge ungenutzte Biomassepotentiale identifiziert. Für diese potentielle Biomasse werden innovative Rohstoff-und Bioenergiekreislaufkonzepte zur energetischen Verwertung entwickelt. In der Region Freiberg sind umfangreiche Kompetenzen in der Forschung und Produktion vorhanden, wie z.B. Biogasanlagen und Holzhackschnitzelverbrennung. Energiepflanzenversuche mit nachwachsenden Rohstoffen, wie z.B. Miscanthus und Energieholz wurden bereits durch die LfULG und dem Institut für Pflanzenbau Prag, Außenstelle Chomutov durchgeführt. Aufbauend auf diesem Wissen wird angestrebt, regionale und grenzüberschreitende Wertschöpfungskonzepte zwischen der Land- und Forstwirtschaft mit regionalen Schwerpunktbranchen, wie z.B. Umwelt- u. Recyclingtechnik, Energietechnik oder Werkstofftechnik, zu entwickeln. Durch diese Kooperationen wird die Region nachhaltig gestärkt und entwickelt.

Um die Initiierung von Wertschöpfungsketten zu verwirklichen wurden Teilaufgaben in der fachlichen Projektbeschreibung von „RekultA“ definiert.
Ein Erfolgskriterium ist die Formulierung eines konkreten Umsetzungsprojektes.
Um die praktische Umsetzung nachhaltig zu gestalten wird der Abschluss von Kooperationsvereinbarungen zwischen 40 Akteuren entlang der grenzüberschreitenden Biomasse-Wertschöpfungskette angestrebt (z.B. Landwirte – Ingenieurbüros und Anlagenbauer – Kommunen/Industrie).

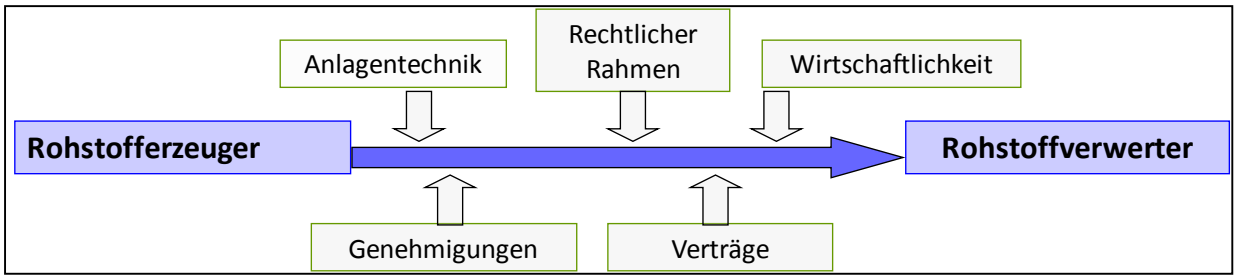


Abbildung 1 mögliche Wertschöpfung vom Rohstofferzeuger zum Rohstoffverwerter

Ein weiterer wichtiger Punkt ist die Netzwerkarbeit zu stärken, um Kontakte auszubauen und Handlungsfelder zu identifizieren. Dazu soll die Zusammenarbeit zwischen den deutschen und tschechischen Netzwerken intensiviert werden.

Im Projektzeitraum von Oktober 2010 bis März 2014 wurden von den Projektmitarbeitern zahlreiche Konferenzen und Fachveranstaltungen besucht und Kontakte geknüpft. Anschließend Treffen mit relevanten Akteuren initiiert, umgesetzt und konkrete Ansätze zur Zusammenarbeit identifiziert. Auf dieser Wissensbasis wurden Interessensbekundungen und Kooperationsvereinbarungen abgeschlossen. Die Projektpartner profitieren dabei vom Austausch gegenseitiger Erfahrungen, der in dieser Form bislang nicht praktiziert worden ist.

1.2 Úvod v češtině / Einleitung in tschechischer Sprache

Cílem projektu RekultA je „Přeshraniční tvorba regionální struktury koloběhu biomasy k udržitelnému využívání zemědělské půdy znečištěné těžkými kovy a oblastí po povrchové těžbě“.

V prvním kroku byly identifikovány nevyužité potenciály biomasy v oblasti euroregionu Krušnohoří. Z tohoto potenciálu biomasy jsou vyvíjeny inovativní koncepty struktury využití biomasy pro energetické využití. V regionu Freiberg jsou k dispozici rozsáhlé kompetence v oblasti výzkumu a výroby, jako jsou například zařízení na výrobu bioplynu a spalování dřevní štěpky. Experimenty s obnovitelnými zdroji, jako jsou miscanthus a rychle rostoucí dřeviny byly prováděny v LfULG a Výzkumném ústavu pro rostlinnou výrobu v Praze, pobočka Chomutov. Na základě těchto poznatků jsou vypracovány koncepty, jejichž cílem je regionální a přeshraniční realizace konceptů spolupráce mezi zemědělství a lesnictví v regionálních klíčových oblastech, jako jsou životní prostředí, technologie recyklace, energetika a materiálového inženýrství. Prostřednictvím této spolupráce, je analyzovaný region trvale posilován a rozvíjen.

Pro realizaci tvorby hodnotových řetězců byly v technickém projektu definovány dílčí úkoly „RekultA“.

Kritériem úspěchu je formulace konkrétního realizačního projektu.

Aby bylo dosaženo udržitelné realizace projektu očekává se uzavření kooperačních dohod mezi 40 účastníky přeshraničního hodnotového řetězce čerpání biomasy (např. zemědělci, strojírenství, projekční inženýrství, obce a průmysl).

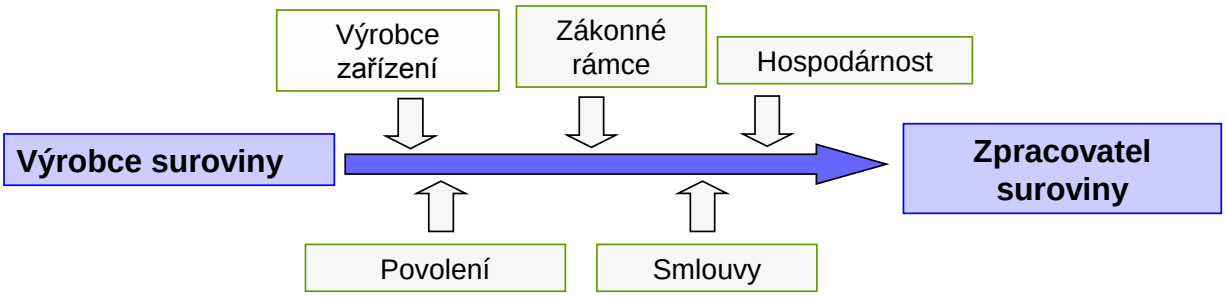


Abbildung 2 / ilustrace: Vývoj přeshraničních regionálních struktur exploatace biomasy k setrvalému využití zemědělských ploch zatížených těžkými kovy a ploch po povrchové těžbě hnědého uhlí

Dalším důležitým bodem je posílení síťové struktury pro budování kontaktů a identifikování oblastí zájmu. Za tímto účelem by se měla zintenzivnit spolupráce mezi českými a německými síťovými strukturami.

Během trvání projektu října 2010 – březen 2014 navštívily projektoví spolupracovníci projektu četné konference a odborné akce a navázaly nové kontakty. Následně zahájily jednání s příslušnými zainteresovanými stranami, kde identifikovaly konkrétní příklady možné spolupráce. Na základě těchto znalostí byly uzavřeny dohody o spolupráci a kooperační dohody. Projektoví partneři profitují vzájemně z výměny zkušeností, které nebyly dosud v této podobě praktikovány.

2 AUFGABENSTELLUNG/ STANOVENÍ ÚKOLU

2.1 Aufgabenstellung in deutscher Sprache / Stanovení úkolu v německém jazyce

Der Erfolg des Projektes RekultA wird über die qualitativen und quantitativen Projektergebnisse ermittelt. Um regionale und grenzüberschreitende Biomasse-Wertschöpfungsketten für die Nutzung schwermetallbelasteter Böden und Bergbaufolgelandschaften zu realisieren wurden die Maßnahmen zusammenfasst in der fachlichen Projektbeschreibung erläutert:

qualitative Projektergebnisse:

1. Primär- und Sekundärliteraturanalyse zum Anbau nachwachsender Rohstoffe auf schwermetallkontaminierten und Bergbaufolge –Arealen
2. Anlegen von Versuchsflächen für die praktische Anwendung des ausgetauschten Pflanzgutes und der Düngemittel
3. Wissenschaftliche Evaluation der Anbauversuche
4. Formulierung regionaler grenzüberschreitender Biomasse-Kreislaufkonzepte

quantitative Projektergebnisse:

1. Unterzeichnung von Arbeitsübereinkommen von jeweils 20 regionaler Akteure auf deutscher und tschechischer Seite (Rohstofferzeuger, Rohstoffverwerter, vor- und nachgelagerte Branchen) mit dem Ziel der Integration neuer, regionaler grenzüberschreitender Wertschöpfungsketten mit geschlossenen Stroffkreisläufen, die in konkreten Kooperationsvereinbarungen münden.
2. Stärkung der Biomasse e.V. auf deutscher Seite und des Bioethanolnetzwerkes auf tschechischer Seite durch Werbung von jeweils 10 neuen Mitgliedern
3. Abschluss eines gegenseitigen und 5 weiterer Kooperationsvereinbarungen mit thematisch verwandten regionalen Interessengruppen / Verbänden / Initiativen
4. Formulierung von 1 konkreten Umsetzungsprojekt

Als Zielgruppen zur Mitwirkung am Projekt sollen folgende regionale Akteure angesprochen werden:

- Rohstofferzeuger – Landwirte
- FuE – Hochschulen sowie öffentliche und private FuE-Einrichtungen
- Umweltanlagen – Ingenieurbüros und Anlagenbauer
- Reg. Energien – Unternehmen der erneuerbaren Energienbranche
- Werkstoffe – Unternehmen der Werkstofftechnik
- Tourismus – Unternehmen der Tourismusbranche
- Rohstoffverwerter – Kommunen und kommunale Energieversorgungsuternehmen

Für den großflächigen Anbau von nachwachsenden Rohstoffen auf schwermetallkontaminierten und Bergbaufolge -Arealen ist die Sicherstellung der regionalen Verwertung wesentliche Voraussetzung. Im ersten Schritt sollen Untersuchungen und Auswertungen zur Eignung der erprobten Pflanzen zum Anbau auf schwermetallbelasteten Flächen und Bergbaufolgelandschaften mit einer optimalen Verwertungsstrategie vorliegen.
Das vorhandene Wissen zum Anbau von nachwachsenden Rohstoffen auf schwermetallbelasteten Flächen und Bergbaufolgelandschaften sowie die durchgeführten Anbauversuche auf diesen Böden sind die Voraussetzung für den nachhaltigen Anbau nachwachsender Rohstoffe in den Regionen Freiberg und Chomutov und bildet die Grundlage für die Formulierung von regionalen grenzüberschreitenden Biomassekreislaufketten und ein Umsetzungsprojekt. Die regionalen Akteure sollen Arbeitsübereinkommen unterzeichnen und die regionalen Netzwerke durch Beitritt stärken. Diese sichern Ihre nachhaltige Zusammenarbeit über Kooperationsverträge.
Für eine Verwertung kommen vornehmlich mittlere und große Anlagen in Betracht. Großtechnische Anwendungen verlangen die Berücksichtigung entsprechender Gesetzgebungen der EU, des Bundes und der Länder (für Konstruktion, Brandschutz, Filterung

der Abprodukte, etc.). Solche Anlagen bedürfen daher hoher Aufwendungen für Investition, Betrieb und Wartung. Aus diesem Grund sollen als Rohstoffverwerter vorwiegend Kommunen und kommunale Energieversorgungsunternehmen mit entsprechender finanzieller Stärke zur Mitwirkung am Projekt motiviert werden. Danach richtet sich ebenso die Einbeziehung weiterer Akteure entlang der Wertschöpfungskette.

In der dreijährigen Projektlaufzeit wurde die Umsetzung der qualitativen und quantitativen Projektziele erfolgreich von den Projektmitarbeitern umgesetzt. Im Endbericht werden nur die elementarsten Projektergebnisse aus den jeweiligen Studien und Vorhaben aufgeführt. Eine ausführliche Herleitung und Erläuterung der Resultate sind in den jeweiligen Studien zu finden.
Im Folgenden eine Übersicht zu den qualitativen Projektergebnissen, die im Endbericht erläutert werden:

1. **Primär- und Sekundärliteraturanalyse zum Anbau nachwachsender Rohstoffe auf schwermetallkontaminierten und Bergbaufolge –Arealen**
   Die Bearbeitung dieser Thematik umfasst die durchgeführten RekultA-Studien:
   - Studie „Primär- und Sekundärliteraturanalyse zum Anbau nachwachsender Rohstoffe auf schwermetallkontaminierten und Bergbaufolge –Arealen“
   - Studie „Rechtliche Rahmenbedingungen der Rekultivierung großflächig schwermetallbelasteter Areale und Bergbaufolgelandschaften der Euroregion Erzgebirge durch standortangepasste Anbausysteme nachwachsender Rohstoffe zur energetischen Verwertung „RekultA““
   - Studie „Honzik et al.: Čerpání Přidané Hodnoty Pomocí Biomasy v Pánevní oblasti Severočeského Kraje, Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Závěrečná Zpráva Projektu "RekultA", Listopad 2013
2. **Anlegen von Versuchsflächen für die praktische Anwendung des ausgetauschten Pflanzgutes und der Düngemittel:**
   Im Schulgut Kadan/CZ, Weißenborn, Niederbobritzsch und Colmnitz/Dtl. wurden RekultA-Versuchsflächen mit innovativen Energiepflanzen angelegt
3. **Wissenschaftliche Evaluation der Anbauversuche**:
   Die Ergebnisse der Anbauversuche werden in den RekultA-Studien „Standortangepasster Anbau von Biomasse auf schwermetallkontaminierten Arealen der Region Freiberg unter Nutzung bewährter Anbausysteme auf Bergbaufolgelandschaften der Region Chomutov – Begleitstudie zum Anbauversuch im Rahmen des Ziel3 Projektes ´RekultA´“, „Sortengarten am Weidegut Colmnitz – Bericht zu Ernte und Ertragsmessung März 2011“ und Studie „Honzik et al.: Čerpání Přidané Hodnoty Pomocí Biomasy v Pánevní oblasti Severočeského Kraje, Výzkumný

ústav rostlinné výroby, v.v.i., Závěrečná Zpráva Projektu "RekultA", Listopad 2013 dargestellt.

4. **Formulierung regionaler grenzüberschreitender Biomasse-Kreislaufkonzepte**:
   - Die Identifizierung und Formulierung der Biomasse-Wertschöpfungsketten sind in der Studie „Regionale Wertschöpfung durch Bioenergie- Handlungs- u. Projektansätze in der Euroregion Erzgebirge“ und Studie „Honzik et al.: Čerpání Přidané Hodnoty Pomocí Biomasy v Pánevní oblasti Severočeského Kraje, Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Závěrečná Zpráva Projektu "RekultA", Listopad 2013 erläutert.
   - Ein Handlungsleitfaden zur Umsetzung der regionalen und grenzüberschreitenden Biomasse-Wertschöpfungsketten, auch über den Projektzeitraum hinaus, werden in der Studie „Grenzüberschreitende Biomassewirtschaft in der Euroregion Erzgebirge – Chancen und Risiken einer energetischen Biomasse-Wertschöpfungskette
   - durch die Organisation von den jährlich stattfindenden RekultA-Bioenergieforen (2011-2013) und zahlreichen Treffen mit Akteuren haben die RekultA-Projektmitarbeiter weitere Wertschöpfungsansätze identifiziert

Die quantitativen Projektergebnisse werden im Kapitel 3.5 ausgewertet.

Das Ergebnis des Projektes ist ein fundiertes Konzept zum gezielten Vorgehen beim Anbau von Biomasse auf schwermetallbelasteten Böden und Bergbaufolgelandschaften und einer optimalen energetischen Verwertung der erzeugten Biomasse in grenzüberschreitenden Biomasse-Kreislaufkonzepten mit regionalen und grenzüberschreitenden Akteuren.

2.2 Stanovení úkolu v češtině / Aufgabenstellung in tschechischer Sprache

Úspěch projektu RekultA je stanoven na základě kvalitativních a kvantitativních výsledků projektu. Za účelem realizace regionální a přeshraniční síťové struktury využití biomasy na těžkými kovy kontaminovaných areálech a rekultivovaných areálech po těžbě hnědého uhlí, byla prováděná opatření shrnuta v odborném popisu projektu:

kvalitativní výsledky projektu:

1. primární a sekundární analýza literatury využití biomasy na těžkými kovy kontaminovaných areálech a rekultivovaných areálech po těžbě hnědého uhlí
2. Tvorba pokusných ploch pro praktickou aplikaci sadby a hnojiv
3. Vědecké hodnocení polních pokusů
4. Formulace regionálních přeshraničních síťových struktur k využití biomasy

kvantitativní výsledky projektu:

1. Podpis dohod mezi 20 regionálními aktéry na německé a české straně (producenti komodit, jejich uživatelé, zpracovatelé a navazující odvětví), s cílem integrovat nové,

regionálních a přeshraničnísíťové struktury s uzavřeným surovinovými cykly, které vedou k dohodám o konkrétní spolupráci.

2. Posílení sdružení pro biomasu e.V., na německé straně a sdružení bioetanol na české straně díky náboruo 10 nových členů
3. Uzavření jedné kooperační dohody a 5 dalších dohod o spolupráci s tematicky blízkými regionálními aktéry / spolky / iniciativami
4. Formulace jednoho konkrétního realizačního projektu

Pro účast v projektu mají být osloveny následující cílové skupiny:

- producenti komodit – zemědělci
- výzkum a vývoj – vysoké školy, veřejné a soukromé výzkumné instituce
- environmentální systémy – inženýrské organizace a konstruktéři
- regionální energetika – podniky v odvětví obnovitelné energie
- materiály – podniky materiálového inženýrství
- cestovní ruch – podniky cestovního ruchu
- recyklační zařízení – obce a obecní energetické zdroje

Pro rozsáhlé pěstování obnovitelných surovin na těžkými kovy kontaminovaných areálech a areálech po těžbě hnědého uhlíje zajištění regionálního využití zásadním předpokladem. Prvním krokem, by měly být výzkumy a vyhodnocení vhodnosti testovaných rostlin k pěstování na těžkými kovy kontaminovaných areálech a areálech po těžbě hnědého uhlís optimální strategií jejich využití.

Stávající znalosti o pěstování obnovitelných surovin na těžkými kovy kontaminovaných areálech a areálech po těžbě hnědého uhlí a provedení polních pokusů na těchto půdách je předpokladem udržitelného pěstování obnovitelných surovin v regionech Freiberg a Chomutov tvořícího základ pro formulaci regionálních přeshraničních struktur využití biomasy a realizaci následného projektu.

Regionální partneři podepíší vzájemná prohlášení o spolupráci a posílí regionální síťové struktury uzavřením kooperačních dohod. Pro zhodnocení obnovitelných surovin lze využít zejména střední a velké systémy. Rozsáhlé aplikace vyžadují odpovídající právní předpisy EU, federální a státní vlády (zejména pro stavebnictví, požární ochranu, filtrování odpadních produktů, atd.). Tyto systémy proto vyžadují vysoké náklady na investice, provoz a údržbu. Z tohoto důvodu by měli být motivováni jako uživatelé obnovitelných surovin především obce a městské energetické společnosti s dostatečnou finanční sílou k účasti na projektu. Tímto požadavkem se řídí rovněž zapojení dalších aktérů hodnotového řetězce.

V době trvání projektu, byly pracovníky projektu úspěšně realizovány kvalitativní a kvantitativní cíle projektu. V závěrečné zprávě jsou uvedeny pouze nejzákladnější výsledky projektů extrahované ze zpracovaných studií a projektů. Podrobné popisy a vysvětlení výsledků lze nalézt v příslušných studiích.

Následuje přehled kvalitativních výsledků projektu, které jsou vysvětleny v závěrečné zprávě:

1. **Primární a sekundární analýza literatury o pěstování obnovitelných surovin na těžkými kovy kontaminovaných areálech a post-těžebním území**

Zpracování tohoto tématu je uvedeno ve studii RekultA:

- Studie "Primární a sekundární analýza literatury pro pěstování obnovitelných surovin na těžkými kovy kontaminovaných areálech a post-těžebním území"
- Studie "Právní rámec rekultivace na těžkými kovy kontaminovaných areálech a post-těžebním území euroregionu Krušnohoří pomocí místně přizpůsobených zemědělských systémů produkce obnovitelných zdrojů k energetickému využití" RekultA ""
- Studie „Honzik et al.: Čerpání Přidané Hodnoty Pomocí Biomasy v Pánevní oblasti Severočeského Kraje, Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Závěrečná Zpráva Projektu "RekultA", Listopad 2013

2. **Tvorba pokusných ploch pro praktickou aplikaci a výměnu osiv, sadby a hnojiv:**

Na školním statku Kadaň / CZ a Weissenborn, Niederbobritzsch a Colmnitz / De. RekultA- byly založeny experimentální pokusné plochy s inovativními energetickými plodinami

3. **Vědecké hodnocení polních pokusů:**

Výsledky pokusů jsou popsány v RekultA studií "Výsledky pěstování biomasy na těžkými kovy kontaminovaných areálech regionu Freiberg a post-těžebním území Chomutovska - doprovodná studie pěstebních pokusů v rámci projektu Cíl 3" RekultA '"a"Druhová zahrada na pastevním statku Colmnitz - zpráva ze sklizně a výnosových měření z března 2011 "a Studie „Honzik et al.: Čerpání Přidané Hodnoty Pomocí Biomasy v Pánevní oblasti Severočeského Kraje, Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Závěrečná Zpráva Projektu "RekultA", Listopad 2013

4. **Formulace regionálních přeshraničních koncepcí cyklu biomasy:**

- Identifikace a formulace hodnotových řetězců biomasy je uvedena ve studii "Regionální čerpání nadhodnotypomocí bioenergie doporučení a možné projekty v oblasti euroregionKrušnohoří" a Studie „Honzik et al.: Čerpání Přidané Hodnoty Pomocí Biomasy v Pánevní oblasti Severočeského Kraje, Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Závěrečná Zpráva Projektu "RekultA", Listopad 2013
- Návod popisující způsob budování regionálních a přeshraničních hodnotových strukturvyužití biomasy a to i nad rámec trvání projektu, popisuje studie "Nadnárodní trh s biomasou v euroregionu Krušnohoří - příležitosti a rizika hodnotového řetězce biomasy k energetické produkci

- Organizováním každoroční setkání RekultA bioenergetická fóra (2011-2013) a řady setkání projektového personálu projektu RekultA byly identifikovány další možnosti čerpání přidané hodnoty

Kvantitativní výsledky jsou vyhodnoceny v kapitole 3.5 a 4.5.

Výsledkem projektu je fundovaná koncepce přístupu k cílenému pěstování biomasy pěstované na těžkými kovy kontaminovaných areálech a post-těžebním území a možnost optimálního využití energie z biomasy vyrobené v přeshraničních síťových strukturách regionálními a nadnárodnímiúčastníky.

3 PROJEKTERGEBNISSE IN DEUTSCHER SPRACHE / VÝSLEDKY PROJEKTU V NĚMECKÉM JAZYCE

3.1 Wissenschaftliche Primär- und Sekundärliteraturanalyse zum Anbau von nachwachsenden Rohstoffen auf Schwermetallkontaminierten Arealen der Region Freiberg und Bergbaufolgeflächen der Region Chomutov“

3.1.1 Ergebnisse in deutscher Sprache

Einleitung

Das Gebiet des Erzgebirges wurde seit mehreren hundert Jahren vom Bergbau geprägt und beeinflusst. Folge dieser langen Nutzung sind sowohl auf deutscher als auch auf tschechischer Seite teils massive Veränderungen der Eigenschaften von Böden sowie des Landschaftsbildes. In der Freiberger Region kam es neben regional vorgegebenen geogenen Belastungen zu großflächigen Anreicherungen von Schwermetallen im Oberboden durch den Bergbau. Die Region um Chomutov ist geprägt vom starken Eingriff des Tagebaus, wodurch großflächige Devastierungen der Landschaft entstanden. Diese spezifische Situation macht eine Diskussionen und Erarbeitung einer Herangehensweise für eine nachhaltige Nutzung von Flächen notwendig.

Für die Erzeugung von Lebens- und Futtermitteln ergibt sich hierbei eine Problematik für den agrarwirtschaftlichen Anbau. Ist eine Überschreitung der Grenzwerte in Lebens- und Futtermittelpflanzen festgestellt worden, so müssen die Landwirte ihre Produkte in der Regel als Abfall deklarieren. Hohe wirtschaftliche Verluste sind die Folge. Als Chance und Alternative für die Landwirtschaft sowie auch für die regionale Energieerzeugung bietet sich die Produktion und Nutzung von Nachwachsenden Rohstoffen zur energetischen Verwertung an. Die Erzeugung von Energie aus nachwachsenden Rohstoffen ist abhängig vom Vorhandensein großer Flächen, die in ihrer Nutzung keine Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion darstellen. Hier bieten die großflächig kontaminierten Areale gute Voraussetzungen.

Material und Methoden

Mit Bezug zur aktuellen Situation der Region, der Standorte und zu alternativen Anbausystemen soll ein Überblick zu in den letzten Jahren erschienen, thematisch relevanten Publikationen gegeben werden. Dabei lagen bei der Literaturanalyse der Fokus, bzgl. Anbau von nachwachsenden Rohstoffen, auf folgenden Punkten: Sortenwahl und Fruchtfolge, Pflege-

und Düngung, Anbauformen, Schwermetall- / Wasseraufnahmevermögen, Rechtsverordnungen und Wirtschaftlichkeit.

Zur Erfassung aller wesentlichen wissenschaftlichen Publikationen erfolgte zunächst eine systematische Literaturrecherche. Die Komplexität der Thematik erforderte eine sinnvolle Abgrenzung der Studie unter Beachtung der spezifischen regionalen Gegebenheiten. Insbesondere wurde bei den Publikationen Wert gelegt auf Aktualität, einen regionalen Bezug und eine wissenschaftlich ähnliche Fragestellung. Die verwendeten Quellen sind im Anhang einzusehen. Anschließend wurde eine Primäranalyse (erstmalige Untersuchung einer Publikation) sowie Sekundäranalyse (erneute Auswertung unter geänderten Forschungsansatzes) vorgenommen.

Vor allem wurden schwermetallbelasteten Böden ausführlich betrachtet. Der Stand zu Bergbaufolgelandschaften wurde in der allgemeinen Ausgangssituation beschrieben, eine umfassende Darstellung dazu erfolgt durch das Institut für Pflanzenbau Prag, Außenstelle Chomutov - Projektpartner des Projektes RekultA, in einer separaten Studie (Studie „Honzik et al.: Čerpání Přidané Hodnoty Pomocí Biomasy v Pánevní oblasti Severočeského Kraje, Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Závěrečná Zpráva Projektu "RekultA", Listopad 2013). Die Betrachtung der Schwermetalle bezieht sich vor allem auf Cadmium und Blei, die gemeinsam mit Arsen vielfach am häufigsten betrachtet werden und eine gewisse Leitfunktion für Grenz- und Richtwerte bilden. Weitere für die Umwelt bedeutsame Schwermetalle wie Quecksilber, Zink und Kupfer fließen ebenfalls in die Analyse ein.

Ergebnisse

Für die agrarwirtschaftliche Bodennutzung liegen in der Freiberger Region vergleichsweise gute bis sehr gute Standortbedingungen vor. Die Böden eigenen sich sowohl zur Nutzung als Acker- sowie auch als Grünland und weisen eine hohe nutzbare Feldkapazität sowie gute Bodenwertzahlen auf. Es werden sowohl Marktfrucht- als auch als Futtermittelanbau betrieben, jeweils unter der Berücksichtigung der Einhaltung der Grenzwerte für Schadstoffe in den Produkten, sowie Nachwachsende Rohstoffe erzeugt (Saxonia 2010).

In folgender Abbildung sind regionale Gebiete in Sachsen ersichtlich, die von erhöhten Schwermetallbelastungen betroffen und überwiegend in Auenbereichen und Bergbaugebieten lokalisiert sind. Das umweltrelevante Schadstoffpotential ergibt sich dabei vor allem für erhöhte Gehalte der Elemente Blei, Cadmium, Uran sowie Arsen.

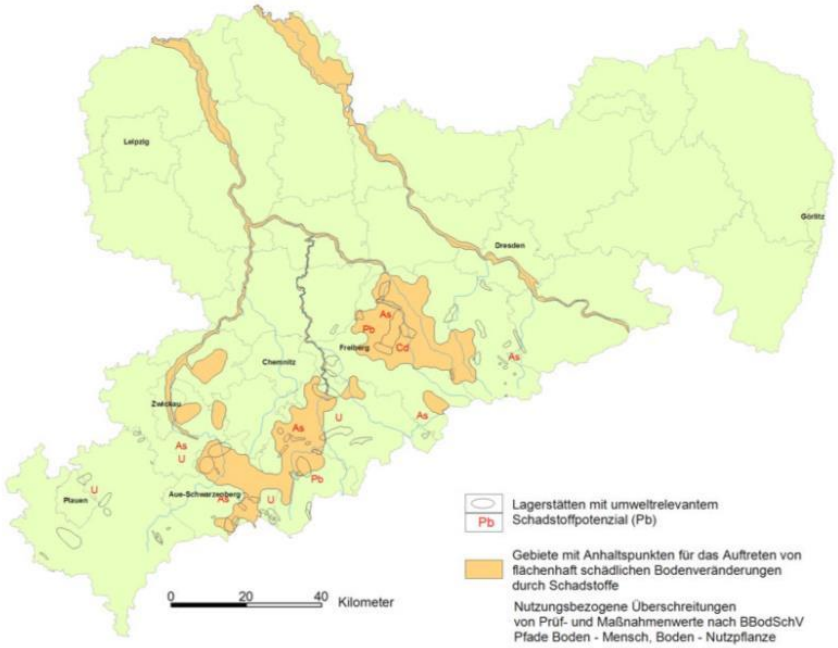


Abbildung 3 Schadstoffbelastete Flächen in Sachsen (Klose 2006)

Nutzung	Maßnahmenwert BBodSchV	Überschreitung in ha	Überschreitung in %
Grünland	As > 50 mg/kg	47.000	20
Acker	Cd > 40 µg/kg	31.000	4,1
	Cd > 100 µg/kg	13.000	1,7

Abbildung 4 Überschreitung von Maßnahmewerten auf Grünland- und Ackerflächen in Sachsen (Rank und Kardel 2007)

Im Freiberger Amtsbereich der Sächsischen Landesanstalt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie beträgt der Anteil an arsen- und schwermetallbelasteten Flächen zirka 10.000 ha, davon wurden vier Gebiete mit höchster Belastung (BK 4) (insgesamt 17,7 km²) mit 696 ha Landwirtschaftsfläche ausgewiesen (davon 489 ha Ackerland mit überwiegend gutem Ertragspotenzial und 207 ha Grünland). Betroffen sind ca. 25-30 Betriebe (Haupterwerbsbetriebe, Nebenerwerbsbetriebe und juristische Personen) (Kiesewalter und Röhricht 2008). Die am häufigsten angebauten Feldfrüchte, beginnend mit der größten Anbaufläche, sind Winterraps, Futterpflanzen, Weizen, Wintergerste, Sommergerste, Silomais, Triticale sowie Klee, Gras und Klee-Gras-Gemische (Saxonia 2010).

Durch die Überschreitung der in der Bundesbodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) festgelegten Prüf- bzw. Maßnahmewerte, in den Hauptbelastungszonen, besteht die Gefahr, Produkte zu erzeugen bzw. Grünland zu nutzen, die nicht den Forderungen der Lebensmittel- oder Futtermittelüberwachung genügen. Aufgrund mehrerer Gesetzgebungen entstehen den Landwirten rechtliche und damit auch wirtschaftliche Risiken. U.a. vor diesem

Hintergrund wurde durch die Landesdirektion Chemnitz das Bodenplanungsgebiet „Raum Freiberg“ festgelegt. Bodenplanungsgebiete sind großflächige schadstoffangereicherte Areale, für die in Deutschland nach § 21 Abs. 3 BBodSchG besondere Regelungen erlassen werden können. Diese gesetzliche Möglichkeit ist auch im Sächsischen Bodenschutz- und Abfallgesetz verankert (§ 8 SÄCHSABG). Dadurch können nutzungsorientierte Maßnahmen vorgenommen werden.

Das „Bodenplanungsgebiet Raum Freiberg“ wurde, nach mehrjähriger Planungs- und Diskussionsphase, am 10. Mai 2011 als Rechtsverordnung veröffentlicht. Zweck ist also der Schutz oder die Sanierung des Bodens, die Vorsorge für die menschliche Gesundheit oder die Vorsorge gegen erhebliche Beeinträchtigungen des Naturhaushaltes (Schürer 2011).

Für den Landwirt besteht aufgrund der weit verbreitet hohen Gehalte an As, Pb und Cd im Boden eine besondere Verantwortung gegenüber dem Verbraucher. Er hat eigenverantwortlich sicher zu stellen, dass keine kontaminierten Lebens- und/oder Futtermittel in Verkehr gebracht bzw. verfüttert werden (Schürer 2010). Eine Möglichkeit dies abzusichern, ist die Untersuchung der Ernteprodukte. Für die Entscheidung, ob und welche Parameter im Erntegut untersucht werden sollen, soll die Verordnung in Verbindung mit der Unterteilung in Teilflächen mit Überschreitungen der Referenzwerte im Boden eine Grundlage bilden. Für Landwirte bedeutet dies konkrete Angaben, ob bzw. wie hoch ein Ackerschlag kontaminiert ist und welche geeignete Maßnahmen eingeleitet werden müssen, z.B. Auswahl der Sorte, Bewirtschaftungsformen, Vorernteuntersuchen einzelner Schwermetalle (z.B. As, Cd bzw. keine erforderlichen) beim Lebensmittel- und Futtermittelanbau auf einem kontaminierten Ackerschlag/Feldblock. Es gilt die Annahme, wenn die Schwermetallgehalte (Pb, Cd, As) im Oberboden nicht überschritten werden, dann werden voraussichtlich die Höchstgehalte der VO (EG) 1881/2006 und das Lebensmittel- und Futtermittelgesetzbuch eingehalten.

Tabelle 1 Bedeutung von Schadelementen für Lebens- und Futtermittel in Sahsen (Klose 2006)

Element	Bedeutung für Landwirtschaft in Sachsen	Bemerkungen
Arsen	• sehr niedriger Grenzwert für Futtermittelausgangsstoffe (2 mg/kg TM) • **große Flächen (Auen, Erzgebirge) mit erheblichen Problemen bei der Futtermittelproduktion** • für Lebensmittel kein Grenzwert	• mittlere systemische Aufnahme (d.h. durch die Wurzel) • bei Futtermitteln Verschmutzung durch anhaftenden Boden
Cadmium	• Grenzwerte für Futtermittelausgangsstoffe und Lebensmittel können erreicht werden • Probleme besonders bei Brotgetreide (Weizen, Roggen)	• leichte systemische Aufnahme • bei Futtermitteln Verschmutzung durch anhaftenden Boden
Blei	• hoher Grenzwert für Grünfutter (40 mg/kg TM) wird kaum erreicht • im Verhältnis zum Vorkommen im Boden sehr niedrige Grenzwerte für Lebensmittel	• kaum systemische Aufnahme • bei Futtermitteln Verschmutzung durch anhaftenden Boden
Quecksilber	• Grenzwert für Futtermittelausgangsstoffe (0,10 mg/kg TM) wird selten erreicht • spielt für die Landwirtschaft in Sachsen keine Rolle	• kaum systemische Aufnahme • bei Futtermitteln Verschmutzung durch anhaftenden Boden

Anbau von landwirtschaftlichen Kulturen auf schwermetallbelasteten Flächen

Einige Schwermetalle, wie z.B. Eisen, Mangan, Zink, Kupfer, gehören zu den unentbehrlichen Pflanzennährstoffen, den Spurenelementen. Im Überfluss wirken sie toxisch. Zu den bedenklichen Schwermetallen im Boden zählen Blei, Cadmium, Zink, Kupfer, Chrom, Nickel, Quecksilber. Schwermetalle können von Pflanzen auf verschiedenen Wegen: aus dem Boden, über das Wasser oder die Luft durch Stäube über die Pflanzenoberfläche aufgenommen werden.

Lange bevor es zu Wachstumsstörungen kommt, kann eine zu hohe Schwermetallaufnahme Pflanzen für Futter- oder Nahrungszwecke unbrauchbar machen. Dies gilt besonders für das Element Cadmium. Die Schwermetallaufnahme von Pflanzen ist von vielen Faktoren abhängig. Dazu gehören u.a. die Bindungsform der Schwermetalle im Boden, die Pflanzenart und die Witterungsbedingungen während der Wuchsperiode (Saxonia 2010). Die Aufnahmerate steigt im Prinzip mit der Höhe der Schwermetallbelastung der Böden, wobei aber nicht die Gesamtkonzentration im Boden entscheidend ist für die Aufnahme durch Pflanzenwurzeln oder durch Bodenorganismen, sondern die chemische Zusammensetzung. Der wichtigste Einflussfaktor auf die Verfügbarkeit ist der pH-Wert des Bodens – je niedriger der pH-Wert desto höher ist die Schwermetallverfügbarkeit. Dies ist der Anteil der Schwermetalle, der im Boden von Pflanzen aufgenommen werden kann. Die Einlagerung von Schwermetallen in den einzelnen Pflanzenteilen ist unterschiedlich hoch. Wurzeln speichern mehr als Sprossorgane, Stängel und Blätter mehr als Samen. Cadmium und Zink sind um ein Vielfaches mobiler als z.B. Blei. Auch andere Bodenfaktoren wie Ton-, Sand- oder Humusgehalt können die Mobilität von Stoffen beeinflussen (Klose 2006). Auf bereits belasteten Böden lässt sich die Schwermetallaufnahme u.a. durch Anheben des pH-Wertes mit einer Kalkdüngung vermindern.

Für den Anbau von Pflanzen zur energetischen Verwertung gibt es eine Vielzahl zur Auswahl stehender Energiepflanzen (FNR-LfULG 2012):

- Raps zur Biodieselerzeugung
- Silomais als Futtermittel und zur Biogasproduktion
- Aktuelle mehrjährige Energiepflanzen: durchwachsene Silphie, Rohrglanzgras, Riesenweizengras „Szarvasi1“, Sida, Energieampfer, Miscanthus, Igniscum,
- Aber auch Gräser inkl. Getreideganzpflanzen und Futtergräser - z.B. Rohrschwingel, Futterpflanzen und -mischungen, Faserpflanzen, Ölpflanzen sowie Zucker- und Stärkepflanzen werden zur Biogasgewinnung genutzt und teilweise auch zur Verbrennung,

- Holz aus Kurzumtriebsplantagen, Landschaftspflegematerial und Waldrestholz können durch Verbrennung energetisch genutzt werden,
- Wildpflanzenmischungen (z.B. Projekt „Farbe ins Feld“), Blühmischungen, Zwischenfrüchte und Untersaaten als Substrat für die Biogasanlage

Für Sachsen gibt es eine Reihe von Veröffentlichungen, die sich mit dem Schwermetall- und Arsen-Transfer vor allem bei verschiedenen Getreidesorten und Grünland beschäftigen. Hervorzuheben sind hier die Schriftenreihen des LfULG und der BfUL (Klose 1998, 2006, 2012 sowie Serfling und Klose 2008, Kiesewalther und Röhricht 2008, Röhricht et al. 2011). Weitere thematisch ähnliche Projekte in Deutschland sind u.a. SUMATEC (Sumantecs 2008), „Bioenergetische Nutzungskonzepte für kontaminierte Standorte“ (Sauer 2011), „Energiewald Lauchhammer“ (FIB 2009), LÖBESTEIN (Frommhagen et al 2013), „La Terra“ (Haubold-Rosar et al. 2011), Nutzung von kontaminierten Rieselfelder (MAZ 2011) und Projekt „ALTE FLÄCHEN – NEUE FLÄCHEN“, um brachliegenden, ökologisch beeinträchtigter Flächen im ländlichen Raum Thüringens Möglichkeiten der energetischen Nachnutzung aufzuzeigen (Feldwisch 2011).

An der Georg-August-Universität Göttingen werden bioenergetische Nutzungskonzepte für kontaminierte landwirtschaftliche Standorte untersucht. Folgende Abbildung gibt einen Eindruck, wie unterschiedlich sich die Cadmiumaufnahme von verschiedenen Kulturen und Sorten gestalten kann (Sauer 2011). Beispielsweise wurde für Sonnenblumen eine deutlich höhere Cadmium-Aufnahme als für die Durchwachsene Silphie ermittelt. Weiterhin ist festzustellen, dass es Sortenunterschiede bei der Schwermetallaufnahme gibt (Sauer et al. 2011).

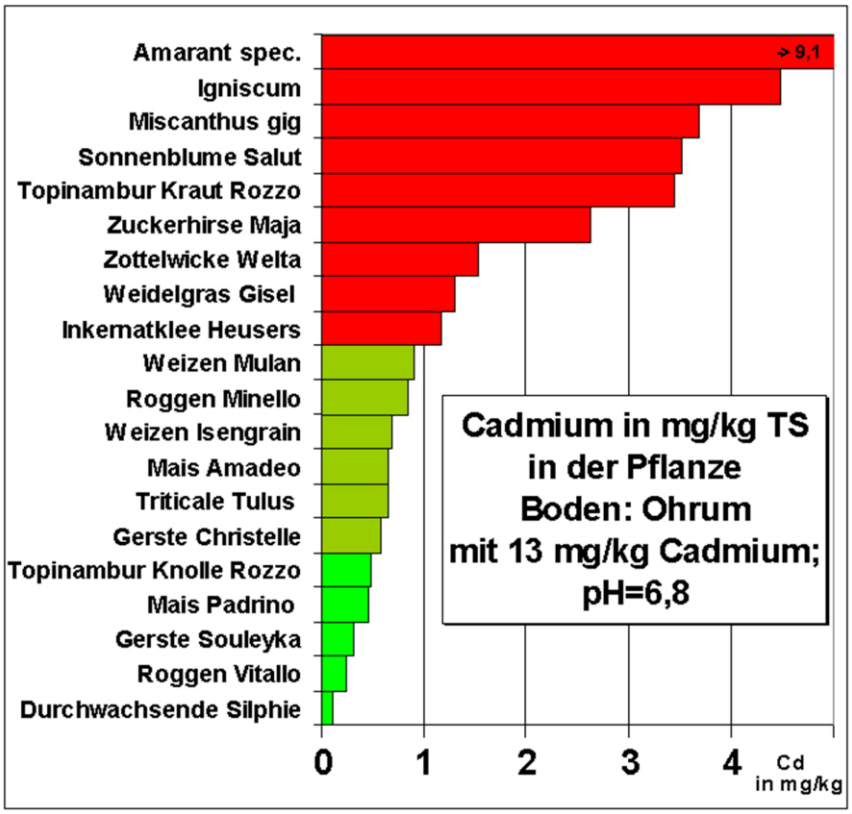


Abbildung 5 Cadmiumgehalte in verschiedenen Kulturen (Sauer et al. 2011)

Auch die Schadstoffaufnahme durch schnellwachsende Baumarten auf Versuchsflächen des Freiberger Raums wurde untersucht (Kiesewalter und Röhricht 2008). Die Versuchsfläche befindet sich in Krummenhennersdorf in der Nähe von Freiberg. Dabei handelt es sich um eine ca. 2 ha große Versuchs- und Demonstrationsanlage mit acht verschiedenen Pappel- und Weidensorten. Nährstoffe als auch die Kontaminanten wurden überwiegend in der Blattmasse angereichert. Die Cadmium-Aufnahme war stärker als die akkumulierende Wirkung bei Arsen und Blei ausgeprägt. Die Weidensorten zeichnen sich in den ersten beiden Standjahren durch eine stärkere Schwermetallaufnahme als die Pappelsorten aus (Röhricht et al. 2011).

Bei der Pflanzenauswahl sind bzgl. der Schwermetallaufnahme von Pflanzen folgende Hinweise zu beachten (Saxonia 2010):

- Schwerpunktschadstoff ist Cadmium. Aufgrund seiner Mobilität wird er stark von Pflanzen aufgenommen. Vor allem Winterweizen reichert verstärkt Cadmium an. Triticale und Winterroggen nehmen geringfügiger Cadmium auf als Weizen.
- Getreidestroh enthält generell höhere Schadstoffgehalte als Getreidekorn.
- Kräuter nehmen mehr Schadstoffe auf als Gras. Daher sollten kontaminierte Grünlandflächen nicht als Extensivgrünland sondern als Wirtschaftsgrünland bewirtschaftet werden (häufigere Mahd). Schwerpunktparameter bei Futtermitteln sind Cadmium und Arsen, Blei spielt eine untergeordnete Rolle.

- Pappeln und vor allem Weiden nehmen mehr Cadmium auf als Ganzpflanzengetreide. Die Schwermetalle und Arsen werden dabei vorrangig in der Blattmasse eingelagert.

Neben der Schwermetallaufnahme der Pflanzen spielen auch Verschmutzungen am Getreide durch falsche Erntetechnik eine Rolle bei der Grenzwertüberschreitung (Saxonia 2010).

Energetische Verwertung von schwermetallbelasteter Biomasse

In Studien, die sich mit dem Anbau von landwirtschaftlichen Kulturen auf mit Schwermetallen belasteten Böden beschäftigen, wird bei Grenzwertüberschreitungen im Lebensmittel- und Futtermittelbereich oft die alternative Nutzung der energetischen Verwertung vorgeschlagen. Die energetische Verwertung von Nachwachsenden Rohstoffen betrifft die Bereiche:

- Biogaserzeugung zur Energie- und Wärmegewinnung
- Biogasherstellung als Produkt/zur Einspeisung ins Gasnetz
- Verbrennung zur Wärme- und Stromerzeugung
- Bioethanolherstellung als Kraftstoff
- Gewinnung von Pflanzenöl

Insbesondere für die Nutzung in Biogasanlagen sowie in Anlagen zur Verbrennung wurden bereits mögliche Auswirkungen von Schwermetallen untersucht.

In Kiesewalter und Röhricht (2008) wurden diesbezügliche Versuche beschrieben. So konnte bei der Vergärung von belasteter Grünschnittsilage, Roggen-Ganzpflanzensilage und belastetem Roggenschrot im diskontinuierlichen bzw. kontinuierlichen Gärtest keine Beeinträchtigung der Gasbildung und Gasqualität durch die Belastung der Ausgangssubstrate mit Arsen und Schwermetallen festgestellt werden. Biogasertrag wie Methangehalt lagen im normalen Bereich. Die in den Substraten enthaltenen Mineralstoffe sowie Arsen und Schwermetalle lagen vollständig in den Gärrückständen vor. Bei der Ausbringung der Gärrückstände im eigenen Betrieb bzw. auf den belasteten Flächen dürften aber auch belastete Rückstände als Wirtschaftsdünger ausgebracht werden. Nährstoffe sowie Arsen und Schwermetalle würden dann im Kreislauf bleiben. Die Nutzung der kontaminierten Flächen zur Biogasproduktion wäre daher denkbar.

In Bezug auf die Verbrennung von Biomasse gestaltet sich die Nutzung von landwirtschaftlicher Biomasse zur Wärmeerzeugung in Kleinanlagen im Allgemeinen immer noch schwierig auf Grund der strengen Anforderungen der Bundesemissionsschutzverordnung und dem derzeitigen Stand der Technik auf dem Gebiet der Kesseltechnologien und Rauchgasreinigungssysteme (Kiesewalter und Röhricht, 2008).

Hier sind vor allem die beim Abbrand von Halmgütern entstehenden spezifisch hohen Staubemissionen sowie die erhöhte Verschlackungsneigung der Aschen problematisch. Es wurde festgestellt, dass Arsen zum größten Teil in den Verbrennungsaschen vorliegt, während die Elemente Cadmium und Blei überwiegend mit dem Rauchgasstrom transportiert werden. Dies bedeutet, dass im Hinblick einer Vermeidung des Austrags dieser Schwermetalle eine geeignete Filtertechnik bei der Verbrennung belasteter Chargen eingesetzt werden muss.
Die bei der Verbrennung entstehenden Aschen enthalten hohe Anteile wichtiger Pflanzennährstoffe wie Kalium, Phosphor, Magnesium und Kalzium, aber auch Arsen und Schwermetalle. Laut DüMV dürften die meisten der in den Versuchen erfassten Verbrennungsaschen auf Grund hoher Gehalte an Kupfer, Nickel, teilweise auch Arsen und Chrom (VI) nicht als Düngemittel in Verkehr gebracht bzw. eingesetzt werden (Kiesewalter und Röhricht, 2008). Um eine nachhaltige Biomasseproduktion zu gewährleisten, müssen die Verbrennungsaschen jedoch auf die Felder ausgebracht werden, um den Nährstoffkreislauf zu schließen (Wetzig 2008). Technische Ansätze zur Entfernung von Schwermetallen zielen zumeist auf die Trennung der einzelnen Aschefraktionen ab.
Die energetische Verwertung von Biomasse zur Herstellung von Produktgas und der Bioethanolherstellung als Motorkraftstoff eignen sich weniger, da es sich um sensible technologische Prozesse handelt, bei denen Schwermetalle meist als Störfaktoren anzusehen sind.

Das Gleiche gilt für die Herstellung von Pflanzenöl als Brenn- und Kraftstoff (vor allem aus Raps), wobei hier das nicht benötigte Rapsstroh bzw. der bei der Ölherstellung anfallende Rapskuchen durchaus als potenzieller Bioenergieträger angesehen werden kann. Zu den Auswirkungen von Schwermetallen auf den Verfahrensprozess liegen bis jetzt nur wenig Aussagen vor. Während das Pflanzenöl und seine Produkte als weitgehend schwermetallfrei gelten, stellen die Rückstände der Produktion Senken für diese Stoffe dar. Im Verlauf der Ölgewinnung können Presskuchen, Extraktionsschrot und Glyzerin als Nebenprodukte anfallen. Da die Nutzung dieser Rückstände meist in Form von Futtermitteln, Düngemitteln, in der Verbrennung oder der Biogaserzeugung erfolgt, sind bei Schwermetallanreicherungen Probleme vorprogrammiert (Saxonia 2010). Biogasanlagen bieten für die Freiberger Region ein sehr hohes Potenzial, da die einzusetzenden Substrate in der Region vorhanden sind.

Innovative Maßnahmen zur Reduzierung der Schwermetallbelastung

Es existieren verschiedene Maßnahmen im Umgang mit schwermetallbelasteten Böden. Auf dem Gebiet der Phytoremediation gibt es eine Reihe von Methoden, die dabei Pflanzen zum Einsatz bringen z.B. sind die Phytostabilisierung (-immobilisierung), die Phytoremediation- oder -extraktion sowie das Phytomining zu nennen.

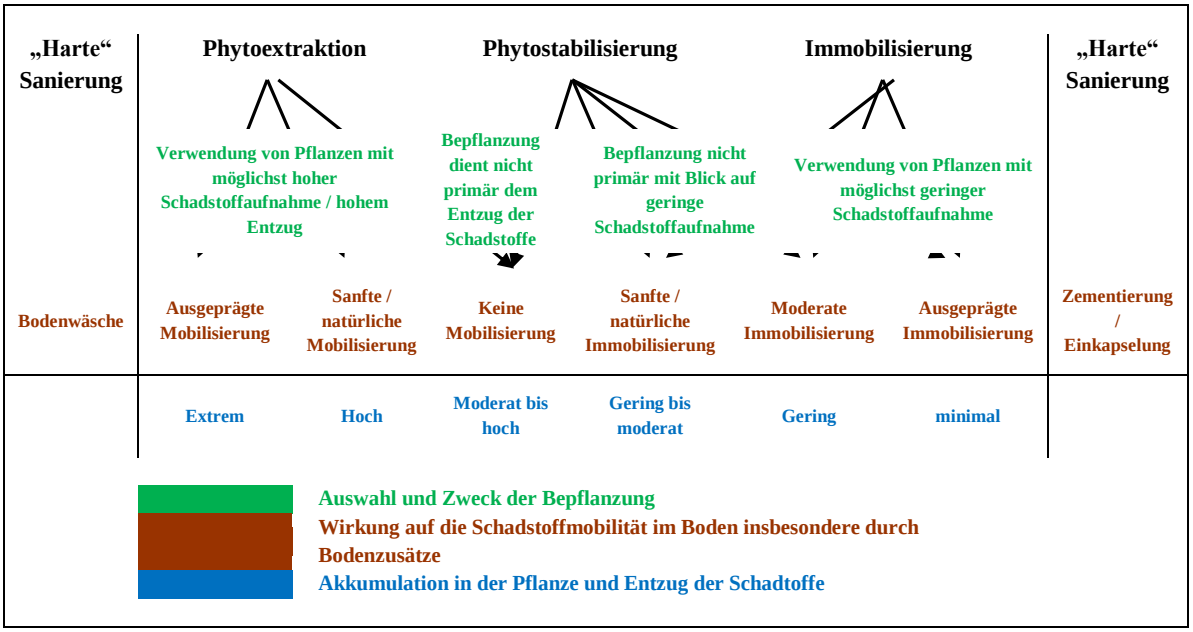


Abbildung 6 Sanfte Sanierungsverfahren im Projekt Sumantecs (nach Sumantecs 2008)

Die Phytostabilisierung dient vorrangig der Sicherung des Bodens durch eine Verringerung der Mobilität der Schadstoffe. Durch die Bildung unterirdischer Biomasse findet aber nicht nur eine geringe Aufnahme (Phytostabilisierung- bzw. -immobilisierung) der Schwermetalle in Exkluderpflanzen (Wurzeln), sondern auch eine Kohlenstoffspeicherung in der Wurzelmasse statt, welche in den mehrjährigen Kulturen mindestens 10-20 Jahre unangetastet bleibt und der Atmosphäre als CO_2 entzogen wird (Mühlenhoff 2011). Neben der CO_2-Speicherung die wesentlich zum globalen Klimaschutz beträgt, wird vor allem auch das lokale und regionale Klima verbessert. Die Phytostabilisierung ist im Sinne des BBodSchG ebenso eine Bodensanierung.

Bei der Phytoextraktion werden Schadstoffe aus dem Boden verstärkt durch Pflanzen, den sogenannten Hyperakkumulatoren, aufgenommen und in deren Biomasse in hohen Konzentrationen angereichert. Die Phytoremediation wird von anderen Projekten für Mittelsachsen untersucht (z.B. Projekt „Greenland“, Puschenreiter 2013). Eine Spezialform stellt dabei das sogenannte Phytomining dar, wo mittels Pflanzen Metalle aus dem Boden gewonnen werden sollen. Die Arbeitsgruppe des Projekts „PhytoGerm“ um Prof. Dr. Hermann Heilmeier erforscht die Extraktion von Germanium aus Gärrückständen (Phytomining) mit Aussicht auf Ausgliederungen aus diesem Projekt. Germanium kommt in geringen Konzentrationen in der Erdrinde vor und ist teuer abzubauen, aber hat eine enorme Nachfrage- und damit Kostensteigerung (Heilmeier 2013). Es könnte zukünftig eine Verwertung der Gärrückstände entstehen, bevor diese wieder als Betriebsdünger auf der Ackerfläche ausgebracht werden. Hier ist neben dem Rohrglanzgras, welches derzeit auf seinen Germaniumgehalt untersucht wird, das Szarvasi-1 Gras interessant, da es sehr viel Silizium

aufnimmt, das wie Germanium zur Kohlenstoffgruppe (4. Hauptgruppe PES) gehört (Heilmeier 2013). Für die Phytoremediation von schwermetallbelasteten Flächen könnte auch der Einsatz von Biokohle einen Ansatz bieten. Die Erhöhung der Bodenfruchtbarkeit und damit Verfügbarkeit von Schwermetallen durch Biokohle ist auch eine Möglichkeit für die Rekultivierung von Bergbaufolgelandschaften (Haubold-Rosar et al. 2011).

Die Phytostabilisierung kann gegenüber der Phytoremediation- oder extraktion, welche sich noch in der Verfahrenstechnischen Entwicklung befindet, als wesentlicher Fortschritt in der Bewirtschaftung kontaminierter Flächen betrachtet werden. Sollte es keine Pflanzenart geben, die Cadmium und Arsen in größeren Mengen aufnimmt und gleichzeitig für den alternativen Energiepflanzenanbau in dieser klimatischen Region des Erzgebirges geeignet ist, könnte die Phytoextraktion zu einem sehr langwierigen Prozess werden (z.B. 1.566 Jahre von Cadmium am Standort Ohrum; Sauer 2011)

Zusammenfassung

Ergebnisbewertung und Empfehlungen für die Freiberger Region: Es dominieren in der Freiberger Region Futterbau- und Marktfruchtbetriebe. Sie sind es, die durch Arsen- und Schwermetallanreicherungen im Oberboden Probleme bei der Bewirtschaftung haben können. Energiepflanzen könnten, aufgrund der positiven Standortbedingungen, eine Alternative darstellen.

Geeignete Pflanzen für die Freiberger Region: Betrachtet man die Standortbedingungen im Freiberger Raum, so sind derzeit folgende Energiepflanzen zu favorisieren:

- Getreideganzpflanzen und Getreidestroh (v.a. Weizen, Roggen, Triticale, Raps, Mais),
- ein- und mehrjährige Gräser, wie Rohrglanzgras, Riesenweizengras „Szarvasi“,
- weitere mehrjährige Energiepflanzen, wie Durchwachsene Silphie,
- Grünschnitt von Wirtschaftsgrünland,
- bei Entscheidung für holzartige Energiepflanzen: Pappeln, Weiden.

Künftig sollte weiter an diesen Kulturen geforscht werden, um deren ökonomische sowie ökologische Auswirkungen abschätzen zu können.

Kriterien zur Entscheidung für den Energiepflanzenanbau sollten dabei sein:

- die Sorte der Pflanze unter Beachtung der vor Ort vorhandenen Schwermetallart und -konzentration,
- die Wachstumsdauer der Pflanze: mehrjährige Kulturen (Bäume, Sträucher, mehrjährige Gräser) sind meist stärker mit Schwermetallen belastet als einjährige Kulturen (Getreide, Stärkepflanzen, Ölpflanzen),

- das gewollte Ergebnis: Phytoextraktion oder Phytoimmobilisierung: Soll eine Sanierung durch Phytoremediation erfolgen oder wird eher eine geringfügige Aufnahme von Schwermetallen in die Pflanze angestrebt. Aufgrund des unterschiedlichen Schwermetallanreicherungsvermögens der jeweiligen Pflanzenarten können Excluder oder Akkumulatoren ausgewählt werden,
- Ganz- oder Teilpflanzennutzung: Da generative Pflanzenteile (Früchte, Samen) oft weniger stark belastet sind als vegetative Teile (Wurzel, Spross, Blätter), können Energiepflanzen ausgewählt werden, die ein hohes Energiepotenzial in eben diesen Pflanzenteilen haben,
- die Art des Biomasseverwertungsverfahren: ist ein entscheidender Einfluss der Schwermetalle auf den Prozessablauf zu erwarten oder nicht.

Andererseits können die Stoffströme „Lebens-/Futtermittel“ und „Energiepflanzen“ bewusst getrennt werden. So kann die weniger schadstoffanreichernde Frucht (Getreidekörner) als Lebens- oder Futtermittel verkauft werden, währenddessen das höher belastete Getreidestroh als Energiepflanze Verwendung findet. Voraussetzung ist, dass die Schadstoffanreicherungen nicht zu Problemen bei der Biomasseverwertung und der Reststoffverwertung führten.

Es existieren verschiedene Maßnahmen zur Reduzierung der Schwermetallbelastung in Futter- oder Lebensmitteln. Um Anhaftungen und Verunreinigungen des Erntegutes mit schwermetallbelastetem Material zu verringern wurde für Futtermittel eine Reihe von Maßnahmen aufgelistet, die im Anhang in der Tabelle „Verminderung der Verschmutzung des Futters mit Boden bei der Aufnahme von Grünland- und Ackerfutter“ ersichtlich sind (Wetzig 2008). Beispielsweise kann durch Maschineneinstellungen (Schnitthöhe), Vermeidung von lückigen Beständen und Lager Verschmutzungen reduziert werden (Kiesewalter und Röhricht 2008). Mit einer effizienten Kalkung, kann der ph-Wert erhöht und die Schwermetallverfügbarkeit verringert werden (Klose 2006).

Freiberg gehört zu den Landkreisen, die einen hohen Grünlandanteil aufweisen. Da Futterproduktion und Beweidung nachlassen, existiert hier ein Potenzial, welches genutzt werden sollte. Grünlandaufwuchs stellt ein sehr gutes Koferment für Biogasanlagen dar. Ein weiteres Potenzial ist eine energetische Verwertung von Getreide- und Rapsstroh zu finden.

Sollte langfristig für die Abscheidung und Gewinnung der toxischen Elemente aus den Gärrückständen und Aschen kein rentables Verfahren zur Verfügung und auch kein bergbauliches Interesse dahinter stehen, so wird die Phytostabilisierung die einzige Alternative für die Region Freiberg bleiben. Die Phytostabilisierung ist im Sinne des BBodSchG ebenso eine Bodensanierung.

Der Anbau von Biomasse auf arsen- und schwermetallangereicherten Böden als Energiepflanzen stellt für Landwirte der Freiberger Region nicht nur eine Alternative zur konservativen Landwirtschaft dar, sie bietet gleichzeitig ein hohes noch nutzbares Potenzial zur Erzeugung regenerativer Energien in einem regionalem Kreislauf. Durch die Schaffung regionaler Wertschöpfungsketten wird nicht nur die ökologische sondern auch die wirtschaftliche Nachhaltigkeit gewährleistet. Es nutzt und stärkt das Innovationspotenzial des Wirtschaftsstandortes Freiberg (Saxonia 2010).

Studie: Rechtliche Rahmenbedingungen der Rekultivierung großflächig schwermetallbelasteter Areale und Bergbaufolgelandschaften der Euroregion Erzgebirge durch standortangepasste Anbausysteme nachwachsender Rohstoffe zur energetischen Verwertung (RekultA)

Einleitung

Die Studie „Rechtliche Rahmenbedingungen der Rekultivierung großflächig schwermetallbelasteter Areale und Bergbaufolgelandschaften der Euroregion Erzgebirge durch standortangepasste Anbausysteme nachwachsender Rohstoffe zur energetischen Verwertung (RekultA)“ wurde von Falk Schüttig von der Firma Barran&Partner ausgearbeitet.
Gegenstand der Untersuchungen sind die gesetzlichen und sonstigen rechtlichen Rahmenbedingungen, die beim Anbau und der Verwertung von Energiepflanzen insbesondere auf solchen Flächen, die eine Schwermetallbelastung aufweisen, zu beachten sind (Verwertung in Biogasanlagen und durch Verbrennung der Biomasse-Hackschnitzel). Die Prüfung erfolgt in drei sachlich voneinander abgrenzbaren Abschnitten: Anbau und Ernte; Transport und energetische Verwertung und Verwendung und Ausbringung der Gärreste. Der Anbau erfolgt auf bislang zur Lebens- und Futtermittelproduktion genutzten Ackerflächen im Erzgebirge.
Für den Anbau kommen nach den bisherigen Studien verschiedene Energiepflanzen in Betracht: Durchwachsene Silphie, Mischantus, Rohrglanzgras und Riesenweizengras „Szarvasi 1“. Dabei handelt es sich jeweils um mehrjährige Kulturen (zwischen 10 und 25 Jahren überwiegend auf Pachtflächen. Zu prüfen ist im Einzelnen: 1. ob der Anbau rechtlich zulässig ist, 2. keine wesentlich beschränkenden rechtlichen Rahmenbedingungen für den Anbau gegeben sind und 3. keine nachteiligen rechtlichen Folgen für eine spätere Rückkehr zur ursprünglichen Nutzung des Grundstücks hat.

Ergebnisse

Zur Prüfung der einzelnen Fragen werden das Landpachtrecht, Ordnungsgemäße Bewirtschaftung (³ 586 Abs. 1 S. 3 BGB), die Bodenschutzgesetze, Naturschutz- und Landschaftspflege und das Gentechnikrecht hinsichtlich des Anbaus der Energiepflanzen ausführlich in der Studie betrachtet.

Besonders das BBodSchG und Bundesbodenschutzverordnung (BBodSchV) hat einen erheblichen Einfluss beim Anbau von Energiepflanzen auf schwermetallbelasteten Flächen. Es werden Werte festgelegt, bei deren Überschreitung im Rahmen einer Einzelfallprüfung das Vorliegen einer schädlichen Bodenveränderung zu prüfen ist (Prüfwerte). Dabei handelt es sich um Warnwerte, nicht um Grenzwerte (Versteyl/Sondermann,17 BBodSchG,Rn.9).

Gemäß Anlage 2 zur BBodSchV gelten nach Nr. 2.2 für den Wirkungspfad Boden-Nutzpflanzen folgende Prüf bzw. Maßnahmenwerte für den Schadstoffübergang auf Ackerflächen im Hinblick auf die Pflanzenqualität:

	Ackerbau, Nutzgarten		
Stoff	Methode[4]	Prüfwert	Maßnahmenwert
Arsen	KW	200[5]	-
Cadmium	AN	-	0,04/0,1[6]
Blei	AN	0,1	-
Quecksilber	KW	5	
Thallium	AN	0,1	-
Benzo(a)pyren	-	1	-

Abbildung 7 Prüf- bzw. Maßnahmewerte in Milligramm pro Kilogramm Trockenmasse Feinboden – Bodentiefe 0-30 cm

Für den Schadstoffübergang Boden - Pflanze auf Ackerbauflächen im Hinblick auf Wachstumsbeeinträchtigungen bei Kulturpflanzen gelten folgende Prüfwerte:

	Ackerbau
Stoff	Prüfwert
Arsen	0,4
Kupfer	1
Nickel	1,5
Zink	2

Abbildung 8 Prüfwerte in mg/kg Trockenmasse, Feinboden, im Ammouniumnitrat-Extrakt

Für die Verwertung der Biomasse in Biogasanlagen oder Hackschnitzelheizungen können keine rechtlichen Unterschiede beim Transport zu herkömmlichen Pflanzen identifiziert werden. Maßgeblich bestimmen der Standort und die Anlagenplanung die rechtlichen Rahmenbedingungen. Bei der Verwertung in Biogasanlagen und Heizungsanlagen gelten gelten das BImSchG. Bei ersteren auch BauGB und EEG 2012/Biomasseverordnung. Die Verwertung und Ausbringung der Gärreste sind öffentlich-rechtliche Regelungen, wie z.B. das Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG), Bioabfallverordnung (BioAbfV), Düngeverordnung und Verordnung über das Inverkehrbringen und Befördern von Wirtschaftsdünger (WDüngV) zu prüfen. Eine Ausbringung von eigenen Gärresten auf eigenen Flächen ist ohne Beachtung von Grenzwerten zulässig (8 Abs. 5 S. 2 DüV).

Sobald dagegen Stoffe mitgenutzt worden, die aus anderen Betrieben stammen, oder die Abgabe einer der Gärreste an andere Betriebe erfolgt, müssen die Grenzwerte für Schwermetalle nach DüMV eingehalten werden. Werden die Grenzwerte überschritten, ist sowohl die Abgabe an einen anderen Betrieb als Form des Inverkehrbringens (§ 4 Abs. 1 Nr. 3 DüMV) als auch die Ausbringung auf dessen Flächen verboten (§ 8 Abs. 5 S. 1 DüV).

Arsen	40
Blei	150
Cadmium	1,5
Nickel	80
Quecksilber	1

Abbildung 9 Grenzwerte nach DüMV in Milligramm pro Kilogramm Trockenmasse

Arsen	20
Blei	100
Cadmium	1,0
Nickel	40
Quecksilber	0,5

Abbildung 10 Verpflichtung zur Kennzeichnung, wenn folgnde Grenzwerte nach DüMV überschritten sind (³ 6 DüMV

Zusammenfassung

Grundlegende rechtliche Bedenken gegen den Anbau der genannten Sorten auf landwirtschaftlichen Pacht oder Eigentumsflächen zum Zwecke der Verwertung in Biogas- (gemeinsam mit Gülle) oder Heizanlagen sowie gegen die anschließende Ausbringung des Gärrestes auf landwirtschaftlichen Flächen bestehen nicht. Bei Einhaltung der allgemeinen Voraussetzungen besteht Förderfähigkeit nach dem EEG. Im Regelfall besteht keine Verpflichtung zur Beprobung.

Einige Aspekte sollten nach Maßgabe der o.g. Ausführungen in der Praxis besondere Beachtung geschenkt werden:

- die Auswirkung des Anbaus auf den nachfolgenden Anbau herkömmlicher bzw. ortsüblicher Sorten,
- die Auswirkungen des Anbaus auf die Bodenstruktur und sonstige Belange des Bodenschutzes,
- die gemeinsame Vergärung mit Bioabfällen,
- die Abgabe von Gärresten an andere Betriebe.

3.1.2 Ergebnisse in tschechischer Sprache:

Rechtliche Rahmenbedingungen zum Biomasseanbau im tschechischen Nordböhmen.

Folgende Gesetze gelten:

Biomasseanbau:

Usnesení vlády č. 480/1998 Sb., Nařízení vlády č. 505/2000 Sb., Zákon 114/1992 Sb.,

Verordnung von Abfall-Biomasse:

Zákon 185/2001 Sb., Zákon 188/2004 Sb., vyhláška MŽP č. 381/2001 Sb., vyhláška č. 376/2001 Sb., o hodnocení nebezpečných vlastností odpadů, (změna 502/2004 Sb.)

vyhláška č. 381/2001 Sb., kterou se stanoví Katalog odpadů, ..., (změna 503/2004 Sb. a 168/2007 a 374/2008)

vyhláška č. 382/2001 Sb., o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě, (změna 504/2004 Sb.)

vyhláška č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady, (změna 41/2005 Sb., 351/2008 Sb., 478/2008 Sb.)

vyhláška č. 384/2001 Sb., o nakládání s PCB,

nařízení vlády č. 197/2003 Sb., o Plánu odpadového hospodářství v ČR

Verordnungen zur Projektdokumentation:

Zákon 17/1992 Sb., o životním prostředí,

Zákon 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny,

Zákon 86/2002 Sb., o ochraně ovzduší,

vyhláška MŽP č. 356/2002 Sb., kterou se stanovuje seznam znečišťujících látek, obecné emisní limity,

nařízení vlády č.145/2008 Sb. seznam znečišťujících látek a prahových hodnot

nařízení vlády č. 353/2002 Sb., kterým se stanoví emisní limity,

Zákon 76/2002 Sb., o integrované prevenci (IPPC), ve znění a č. 521//2002 Sb.,

nařízení vlády č. 368/2003 Sb., o integrovaném registru znečištění,

vyhláška MŽP č. 554/2002 Sb., kterou se stanovuje vzor žádosti o vydání integrovaného povolení. rozsah a způsob jejího vyplnění,

Zákon 254/2001 Sb., o vodách ve znění a č. 20/2004 Sb.,

nařízení vlády č. 103/2003 Sb., o stanovení zranitelných oblastí a o používání a skladování hnojiv a statkových hnojiv (tzv. Nitrátová směrnice).

Zákon 34/1992 Sb., o ochraně zemědělského půdního fondu, ve zněn pozdějších předpisů,

Vyhláška č. 191/2002 Sb., o technických požadavcích na stavby pro zemědělství.

Zusammenfassung

Die Rechtlichen Rahmenbedingungen zur Biomassenutzung sind sehr komplex in der Tschechischen Republik. Das Ergebnis ist, dass die energetische Nutzung von Biomasse auf nationaler und internationaler Ebene mit einem hohen Aufwand verbunden ist. Detaillierte Informationen in der Studie „Honzik et al.: Čerpání Přidané Hodnoty Pomocí Biomasy v

Pánevní oblasti Severočeského Kraje, Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Závěrečná Zpráva Projektu "RekultA", Listopad 2013

3.2 Ermittlung des Biomasse- und Verwertungspotentials der Euroregion Erzgebirge

3.2.1 Ergebnisse auf deutscher Seite

Einleitung

Im Rahmen der Studie „Regionale Wertschöpfung durch Bioenergie – Handlungs- und Projektansätze in der Euroregion Erzgebirge“ wurde im ersten Teil der Studie eine Biomassepotentialstudie auf deutscher Seite vom DBI aus Freiberg mit mehreren Unterauftragnehmern durchgeführt.

Material und Methoden

Die betrachteten Substrate gliedern sich in folgende Gruppen:
- halmgutartige Biomasse
- Dendromasse (holzartige Biomasse)
- organische Abfälle

Die Potentialbestimmung erfolgt stufenweise. Hierzu wird anhand des theoretischen Aufkommens der Biomasse das theoretische Potential bestimmt. Aufgrund technischer und wirtschaftlicher Restriktionen reduziert sich das theoretische Maximum auf das technische bzw. wirtschaftliche Potential. Einen besonderen Schwerpunkt bildet die Betrachtung schwermetallbelasteter Biomasse, welche für eine energetische Nutzung prädestiniert ist.

Die Untersuchungsregion umfasst das deutsche Gebiet der Euroregion Erzgebirge. Im Konkreten werden die vor der Kreisgebietsreform 2008 selbstständigen Landkreise Freiberg, Mittlerer Erzgebirgskreis, Annaberg und Stollberg betrachtet (RekultA-Gebiet). Der Altkreis Freiberg ist dem jetzigen Landkreis Mittelsachsen zuzuordnen. Die anderen drei Altkreise gehören nunmehr dem Landkreis Erzgebirgskreis an.

Ergebnisse

Halmguartige Biomasse:

Zu den in dieser Studie betrachteten halmgutartigen Biomassen gehören Getreidestroh, Rapsstroh, Kartoffel- und Rübenblatt sowie Maissilage und das Erntegut von Weizen und Triticale. Speziell für die Getreidekörner erfolgt die Potentialermittlung unter der Prämisse einer möglichen Schwermetallbelastung. Hierbei werden die Elemente Cadmium, Blei und Arsen im Detail betrachtet. Fasst man die Biomethanpotentiale zusammen, erhält man das Gesamtpotential halmgutartiger Biomasse für das Untersuchungsgebiet. Hierbei werden folgende Annahmen getroffen: 1. Getreidepotential unter Berücksichtigung der Cadmiumbelastung und 2. speziell das Maispotential fasst die Potentiale zusammen. Hierbei

wird deutlich, welchen starken Einfluss Erntereste für das theoretische Potential besitzen. Aufgrund der Restriktionen wie Humusneubildung und Futterbedarf sowie verschiedener Methangaserträge ist für die wirtschaftliche Nutzung Mais mit einem Anteil am wirtschaftlichen Potential von über 50 % am bedeutsamsten. Das Gesamtpotential halmgutartiger Biomasse wird in Abbildung 10 für das Untersuchungsgebiet dargestellt. Hierbei heben sich Regionen im Altkreis Annaberg und Stollberg sowie Gemeinden westlich von Freiberg aufgrund hoher Potentiale ab. Im Gegenzug weisen die Erzgebirgsgemeinden aufgrund schlechterer klimatischer Bedingungen und einer verhältnismäßig kleineren Ackerfläche ein geringeres Potential auf. In den Erzgebirgsregionen dominieren große Waldgebiete das Landschaftsbild, welches sich auf das Potential der Dendromasse auswirkt.

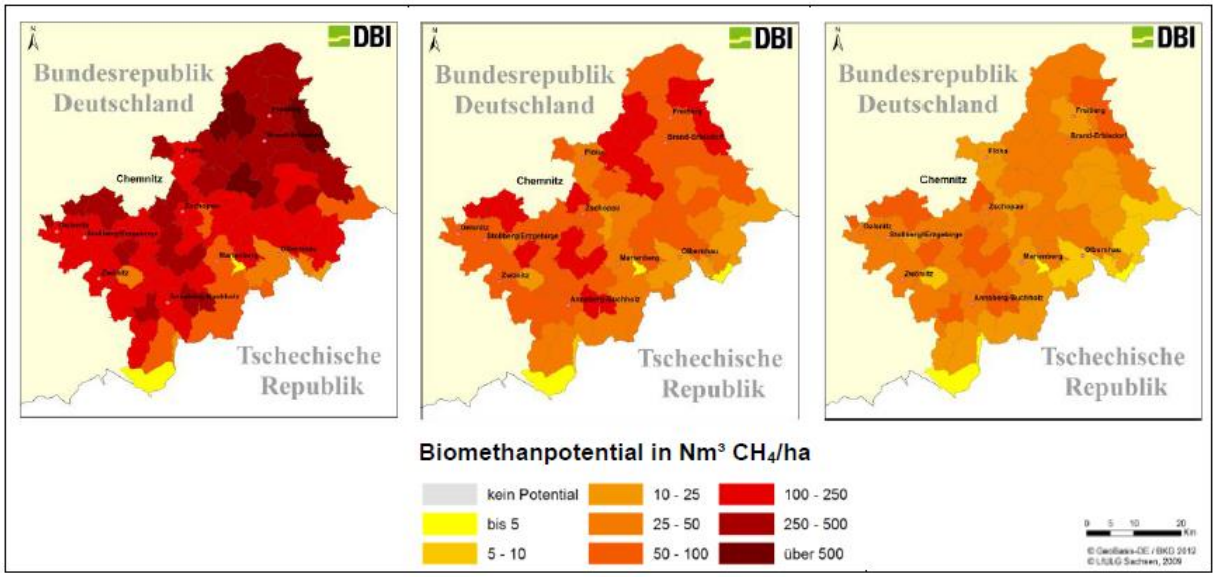


Abbildung 11 Theoretisches, technisches und wirtschaftliches (von links nach rechts) Biomethanpotential halmgutartiger Biomasse in Nm³ CH4/ha unter Berücksichtigung der Schwermetallbelastung

Insgesamt kann innerhalb des Untersuchungsgebietes ein wirtschaftliches Potential aus halmgutartiger Biomasse von ca. 71.000 MWh/a ausgewiesen werden. Dieses setzt sich mit über 90 % zum Großteil aus Maissilage und Ernteresten zusammen. Der restliche Anteil wird durch Getreidekorn wie Weizen und Triticale abgedeckt

Dendromasse

Es sollen Energieholzpotentials auf Gemeindeebene für den deutschen Teil der Euroregion Erzgebirge durchgeführt werden. Dabei werden folgende drei Aufkommensbereiche für Energieholz berücksichtigt:

(1) Wald (Waldrestholz),

(2) Acker (Kurzumtriebsplantagen)

(3) Offene Landschaft (Flurgehölz aus Baum- und Landschaftspflege).

Ziel dieser Potentialabschätzung ist es, weitestgehend unerschlossene Energieholzmengen zu quantifizieren und in der Region zu verorten, um daraus Ansatzpunkte für Wertschöpfungs-ketten in den Kommunen ableiten zu können.

Die Potentialabschätzung beschränkt sich auf die Quantifizierung der für die Hackschnitzelbereitstellung verfügbaren Energieholzmenge, da der Fokus der Studie auf kommunalen Wertschöpfungsketten liegt und hier erfahrungsgemäß Heizanlagen zur Verwertung von Hackgut zur Verwendung kommen. Das unter den gegenwärtigen Rahmenbedingungen wirtschaftlich erschließbare energetische Potential aus Energieholz (Holzhackschnitzel) beläuft sich in der Projektregion auf jährlich rd. 83.000 MWh, d.h. ein vergleichsweise großes energetisches Potential vorhanden. Den weitaus größten Teil davon stellt das Energiepotential vom Acker (rd. 57.000 MWh a-1), gefolgt vom Energiepotential im Wald (rd. 16.000 MWh a-1) und dem aus der offenen Landschaft (rd. 10.000 MWh a-1). Leider sind die Landwirte derzeit skeptisch ggü. KUP, deshalb ist eine Realisierung nur bei wirtschaftlichen Geschäftsmodellen z.B. in Zusammenarbeit mit einer Kommunen, realistisch. Die Energiemenge von 83.000 MWh genügt, um rd. 4.000 Einfamilienhäuser1 mit Wärme zu versorgen.

Abbildung 12 Wirtschaftliches Gesamtpotential von Energieholz in kWh/ha (Gemeindebene)

Abfälle

Zur Ermittlung der theoretischen, technischen und wirtschaftlichen Potentiale für die Bio- und Grünabfälle sowie für kommunalen Klärschlamm müssen verschiedene Quellen ausgewertet werden. Statistisch erfasst werden in der Regel Abfall- und Klärschlammmengen, die in Regie öffentlicher Träger tatsächlich entsorgt werden. Über private Unternehmen entsorgte Abfallmengen sind beispielsweise in der jährlichen Abfallbilanz für den Freistaat Sachsen nicht oder nur teilweise enthalten.

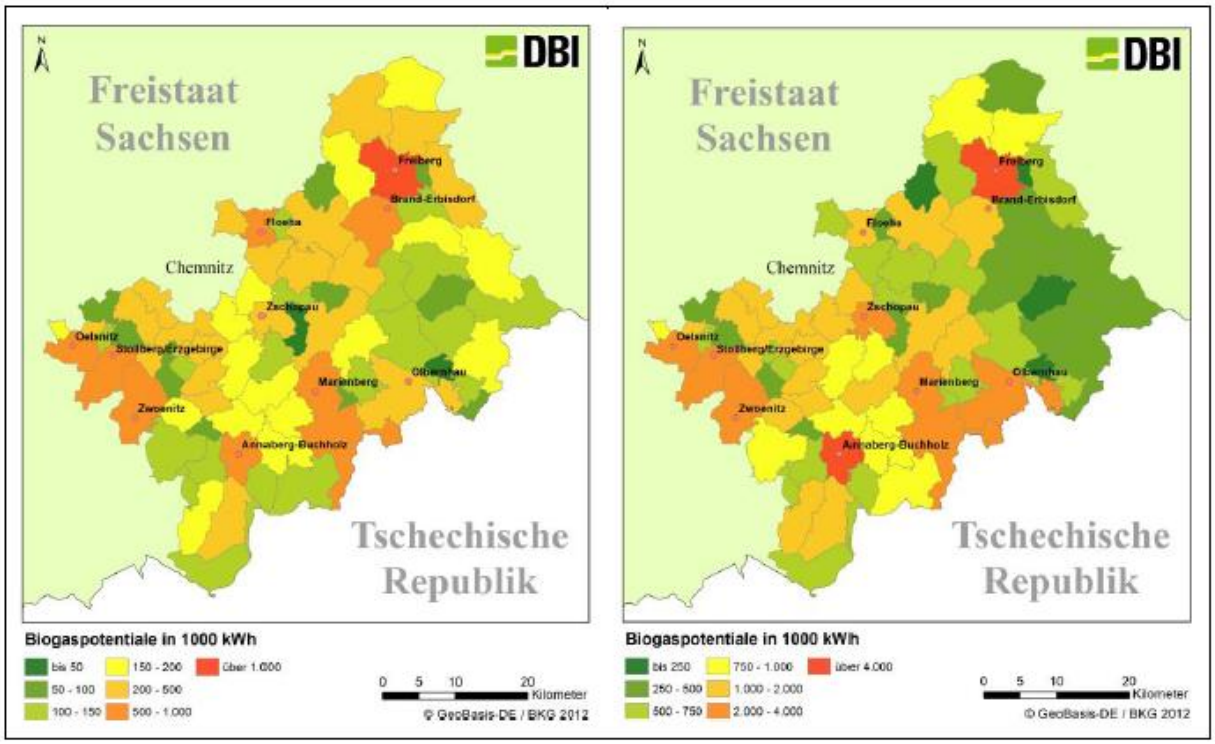


Abbildung 13Wirtschaftliche Potentiale für Klärschlamm (links) und Summenpotential aus Bioabfall, Grünabfälle/-schnitt und Klärschlamm (rechts)

Abschließend ist festzuhalten, dass im RekultA-Gebiet ein flächendeckendes Biomassepotential basierend auf verschiedenen Substraten vorliegt. Dieses Potential findet derzeit teilweise eine Nutzung in Form von Fermentation in Biogasanlagen, Klärgasanlagen und energetischer Nutzung von Dendromasse. Die Betrachtung schwermetallbelasteter Gebiete zeigt, dass infolge der Belastung u. U. zusätzliches Potential zur Verfügung stehen kann.

Zusammenfassung

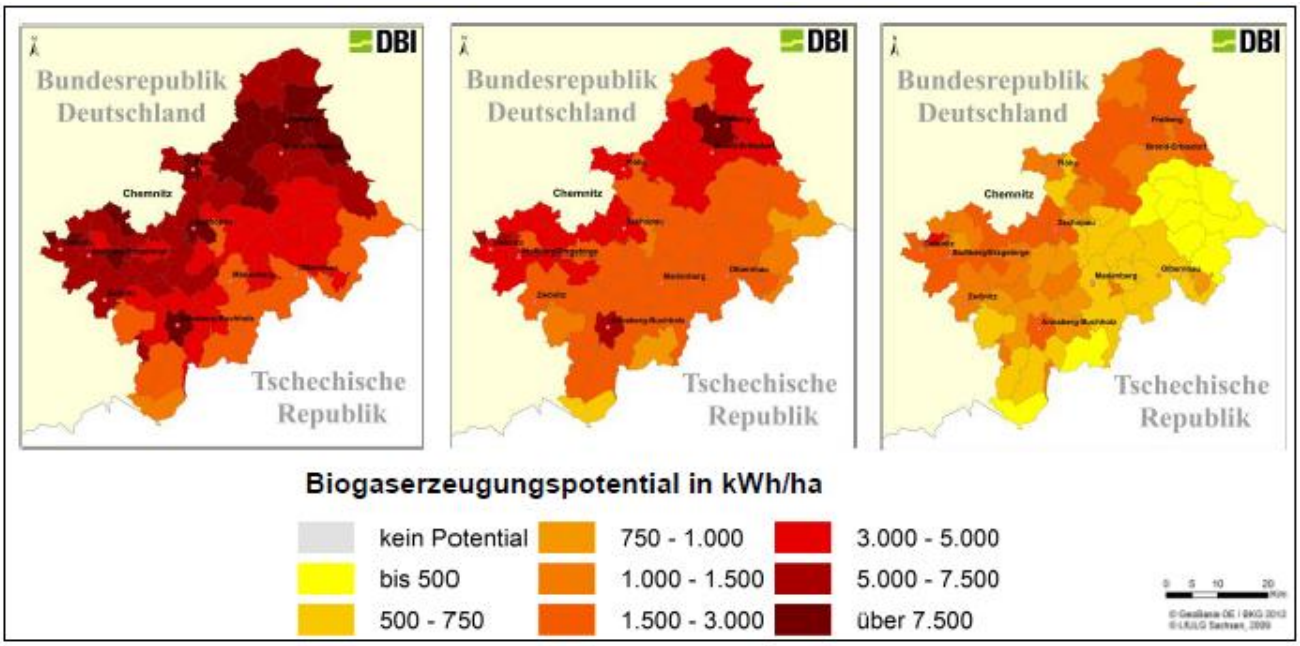


Abbildung 14 theoretisches, technisches und wirtschaftliches (von links nach rechts) Gesamtpotential aus halmgutartiger Biomasse, Dendromasse und kommunalen Abfällen auf Gemeindeebene

Das Biogaserzeugungspotential der Sektoren halmgutartige Biomasse, Dendromasse und Abfallwirtschaft gibt einen Überblick über die Möglichkeiten der Biogasproduktion im Untersuchungsgebiet. Im Ergebnis ist von den theoretisch zur Verfügung stehenden Mengen nur ein geringer Teil technisch bzw. wirtschaftlich nutzbar ist. Ursache sind substratspezifische Einschränkungen und Hindernisse, welche in den vorangegangenen Kapiteln erläutert sind. Das Gesamtpotential weist ein starkes Nord-Süd-Gefälle innerhalb des Untersuchungsgebietes auf. Dies liegt vor allem in der topografischen Prägung des Gebietes begründet. Die Mittelgebirgsregion im Süden weist schlechtere klimatische Bedingungen für das Wachstum halmgutartiger Biomasse auf. Des Weiteren hat das Potential aus KUP, welches vor allem im Norden des Untersuchungsgebiets vorliegt, stärkeren Einfluss auf das Gesamtpotential als die großem Waldgebiete im Süden. Das wirtschaftliche Gesamtpotential des Untersuchungsgebietes von etwa 238 GWh entspricht dem Wärmebedarf von ca. 9.500 Haushalten á 25.000 kWh/a. Die drei betrachteten Substratgruppen weisen annähernd ein gleichgroßes Potential auf, sodass ihr prozentualer Anteil am Gesamtpotential jeweils zwischen 30 und 35 % beträgt.

3.2.2 Ergebnisse auf tschechischer Seite:

Einleitung

Im Rahmen des Projektes wurde eine Studie zum Biomassepotential auf Bergbaufolgelandschaften in der Region des Ústí nad Labem-Kreises erstellt. In der Studie ist eine Analyse des energetischen Biomassepotentials von der tschechischen Seite der Euroregion Erzgebirge enthalten. Diese Studie wurde vom tschechischen Projektpartner Institut für Pflanzenbau Prag- Außenstelle Chomutov selbst erstellt.

Material und Methoden

Es wurden folgende Biomasse analysiert:
- halmgutartige Biomasse auf Ackerland
- halmgutartige Biomasse auf Grünland
- Dendromasse (Restholz)

Zu diesen Zweck ist aus der erwarteten Biomasseproduktion vom Ackerland, Grünland und aus dem Forst das theoretische Energiepotenzial berechnet wurden.

Die durchgeführten Analysen beinhalten die tschechischen Bezirke der Euroregion Erzgebirge, außer der landwirtschaftlich intensiv genutzten Bezirke Louny und Litoměřice, weil die rekultivierten Flächen der Braukohlereviere dort nicht vorhanden sind. Die analysierten Bezirke sind Ústí nad Labem, Teplice, Most und Chomutov.

Ergebnisse

Die Biomasse, die in dieser Studie betrachtet wurden, sind hauptsächlich Raps- und Getreidestroh als landwirtschaftliche Nebenprodukte. Das Biomassepotential ist auf den nachfolgenden Abbildungen graphisch aufgearbeitet.

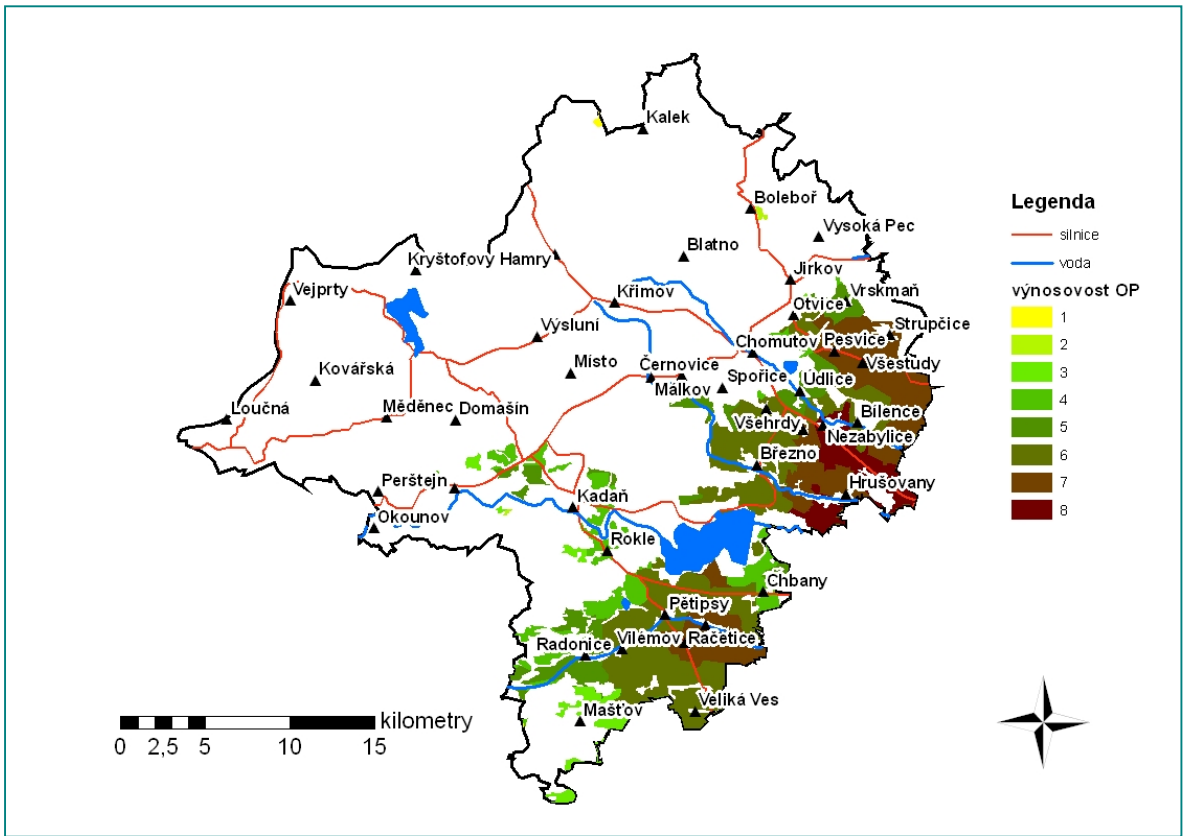


Abbildung 15: Theoretisches Biomassepotenzial auf Ackerland in t/ha im Bezirk Chomutov

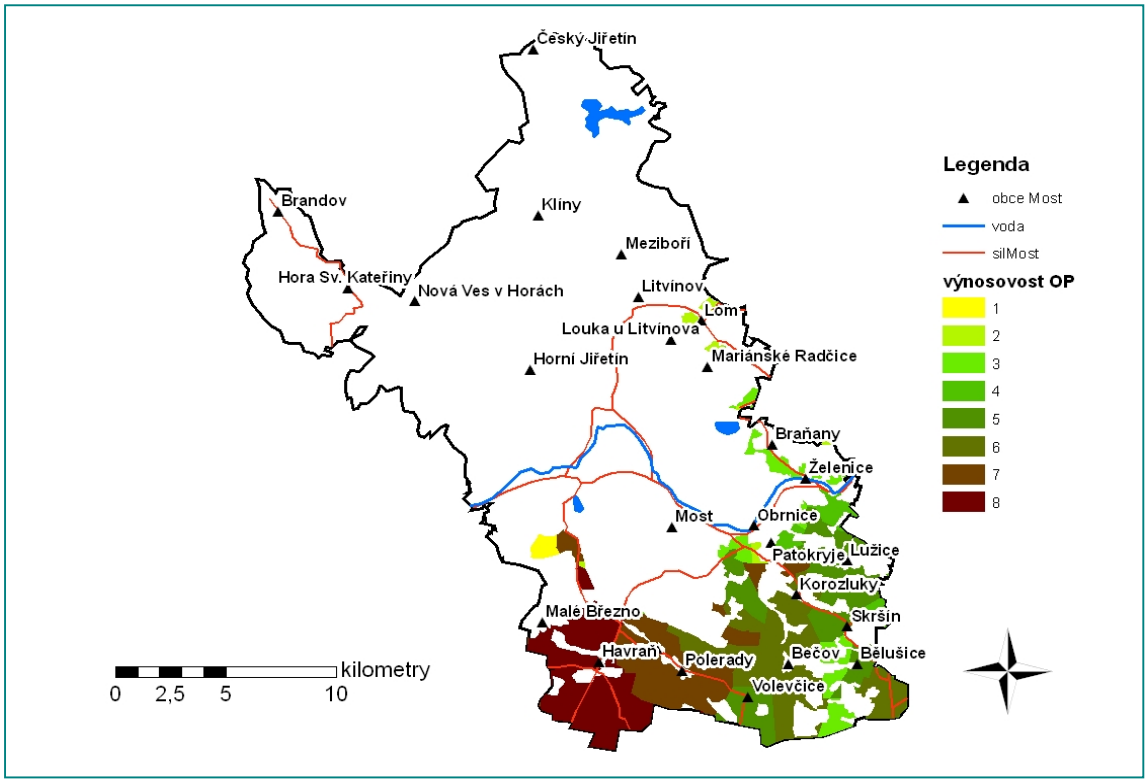


Abbildung 16 Theoretisches Biomassepotenzial auf Ackerland in t/ha im Bezirk Most

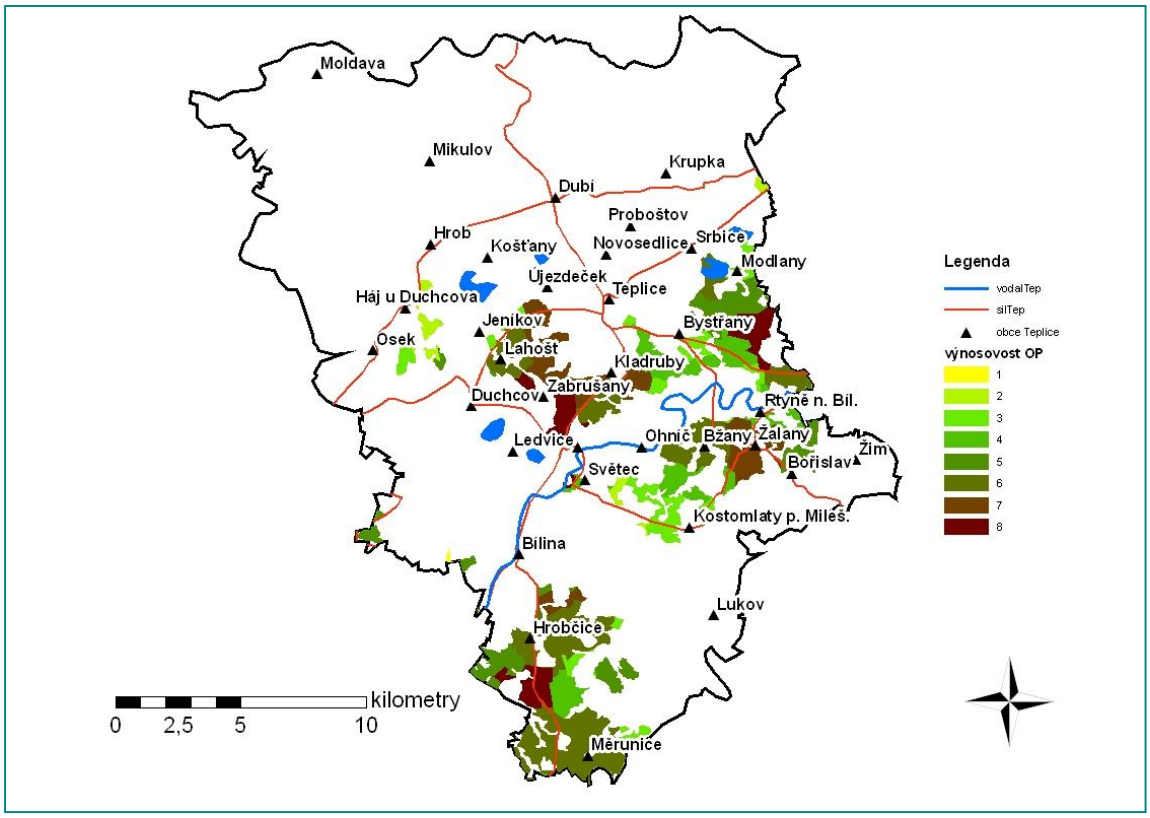


Abbildung 17 Theoretisches Biomassepotenzial auf Ackerland in t/ha im Bezirk Teplice

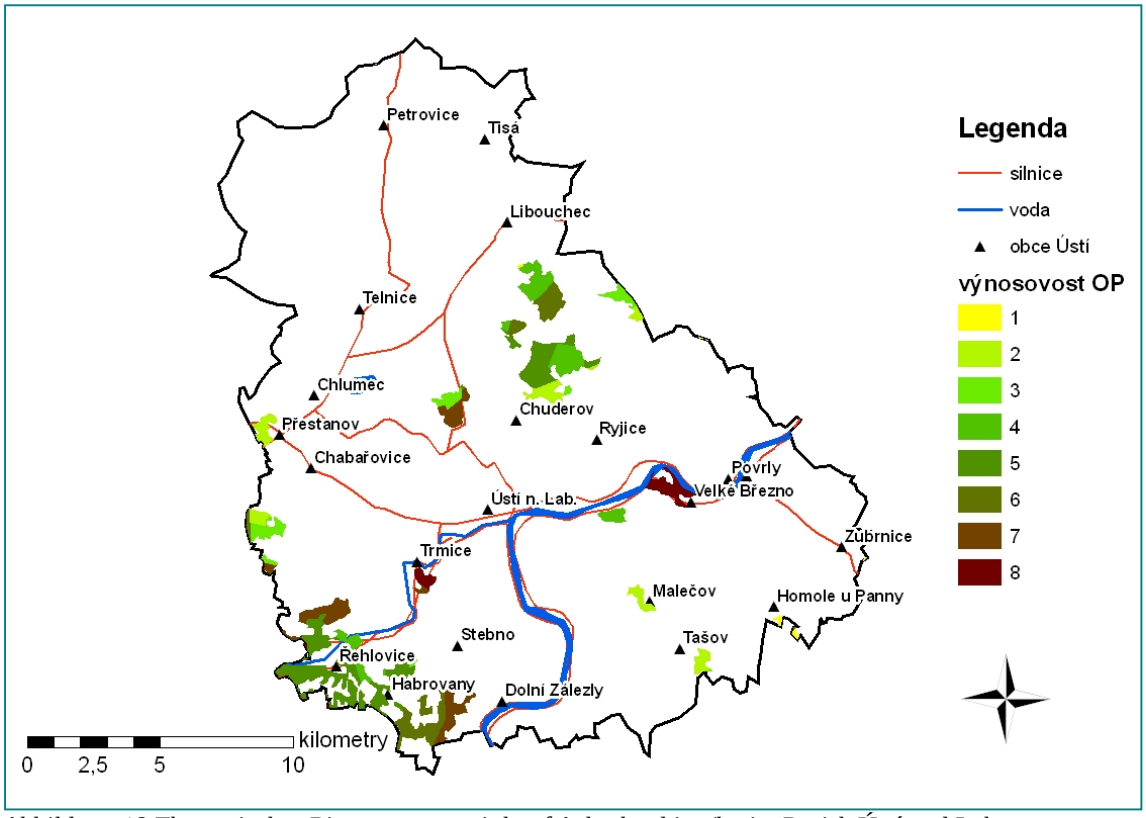


Abbildung 18 Theoretisches Biomassepotenzial auf Ackerland in t/ha im Bezirk Ústí nad Labem

Fazit aus den Abbildungen:

- das Ackerland nimmt 1/3 der Fläche in den Bezirke Chomutov, Most und Teplice ein
- die Flächen mit dem größten Ertragspotenzial liegen in den Regionen, in denen das meiste Ackerland vorhanden ist

Ertragspotential des Raps- und Getreidestrohs

Die Tabellen zeigen das Ertragspotential des Raps- und Getreidestrohs in den betrachteten Regionen:

Tabelle 2 Ackerfläche in ha der analysierten Bezirke, eingeteilt in acht Produktionsgruppen

Produktions kategorie	Chomutov Ha	Most Ha	Teplice ha	Ústí nad Labem Ha	Gesamt Ha
1	456,27	332,46	168,71	270,26	1227,7
2	438,16	506,62	363,69	594,72	1903,19
3	1078,28	1269,51	851,89	497,67	3697,35
4	2592,03	1781,51	851,29	772,95	5997,78
5	3008,04	297,34	1363,08	1185,21	5853,67
6	8622,2	807,92	2661,36	757,61	12849,09
7	5573,9	2042,32	1085,09	733,55	9434,86
8	2039,13	2409,32	931,91	463,03	5843,39
Gesamt	**23808,01**	**9447**	**8277,02**	**5275**	**46807,03**

Tabelle 3 Gesamtproduktion des Getreidestrohs (85 % TS) in den Bezirken, eingeteilt in acht Produktionskategorien

Produktionskategorie	Chomutov T	Most T	Teplice T	Ústí nad Labem T	Gesamt T
1	478,03	348,31	176,75	283,14	1286,23
2	712,78	483,71	591,64	967,48	2755,61
3	2438,79	1827,32	1926,75	1125,61	7318,47
4	7747,01	1514,16	2544,32	2310,18	14115,67
5	10881,29	4592,33	4930,8	4287,38	24691,8
6	36714,02	7585,8	11332,29	3225,98	58858,09
7	27375,99	10030,77	5329,36	3602,8	46338,92
8	11485,99	13571,2	5249,24	2608,15	32914,58
Gesamt t	**97 834**	**39 954**	**32 081**	**18 411**	**174 855**
Energetisches potential GJ	**1 496 859**	**611 290**	**490 842**	**281 684**	**2 675 282**

Tabelle 4 Gesamtproduktion des Rapsstrohs (85 % TS) in den Bezirken, eingeteilt in acht Produktionskategorien

Produktionskategorie	**Chomutov To**	**Most To**	**Teplice To**	**Ústí nad Labem To**	**Gesamt t**
1	64,24	46,81	23,75	38,05	172,85
2	95,79	65,01	79,51	130,02	370,33
3	327,76	245,58	258,94	151,27	983,55
4	1041,15	203,49	341,94	310,47	1897,05
5	1462,38	617,18	662,67	576,2	3318,43
6	4934,14	1019,49	1522,99	433,55	7910,17
7	3679,17	1348,07	716,23	484,19	6227,66
8	1543,65	1823,89	705,47	350,52	4423,53
Gesamt t	**13 148**	**5 370**	**4 312**	**2 474**	**25 304**
Energetisches potential GJ	**227 465**	**92 893**	**74 589**	**42 805**	**437 752**

Produktionspotenzial von Grünland in den analysierten Bezirken des Kreises Ústí nad Labem

Die gleiche Methodik, wie beim Raps- und Getreidestroh, ist für die Analyse des Produktionspotentials von Grünland angewendet wurden. Auf den nachfolgenden Karten sind die Ergebnisse aufgeführt.

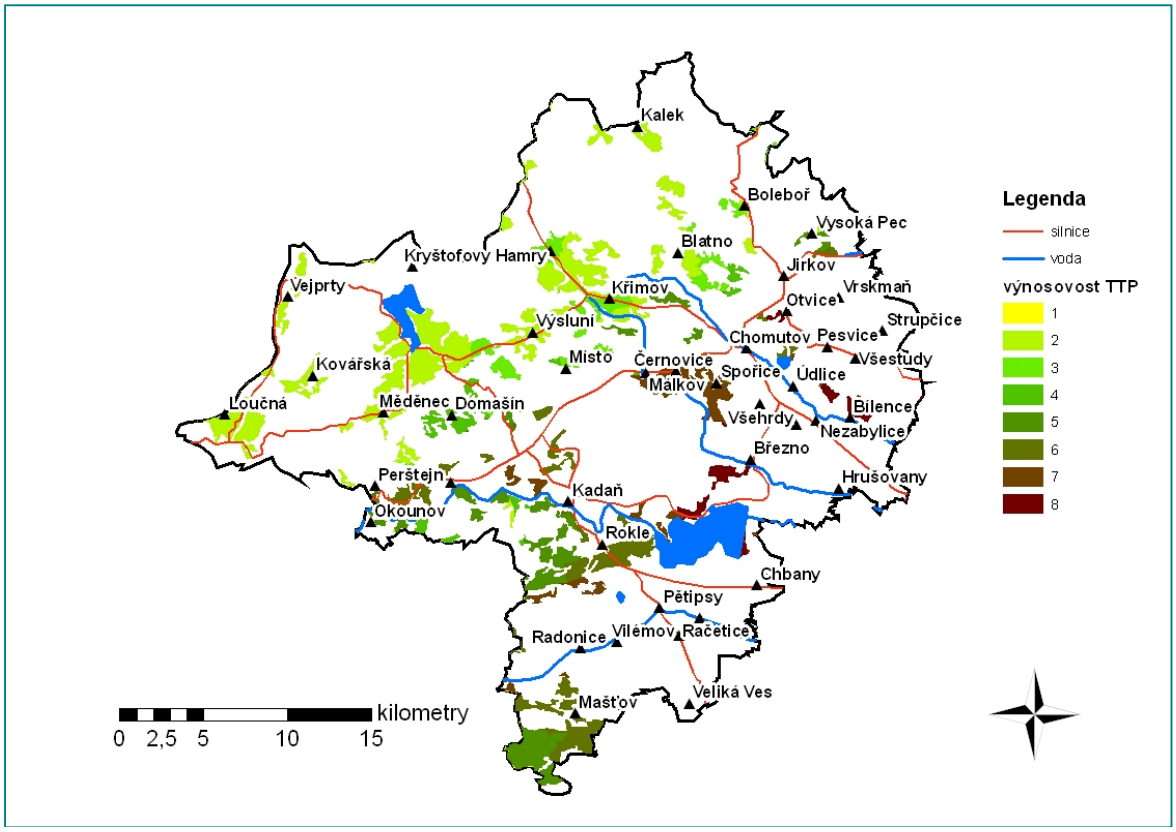


Abbildung 19 Theoretisches Biomassepotenzial von Grünland in t/ha im Bezirk Chomutov

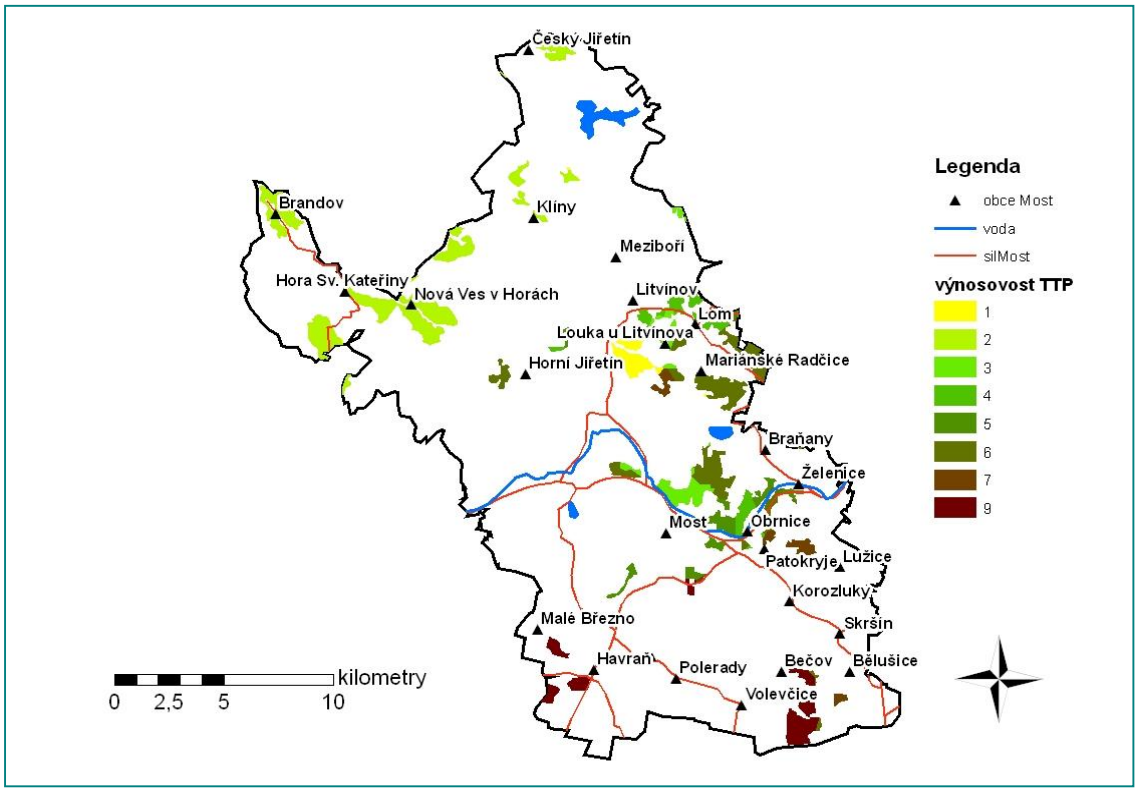


Abbildung 20 Theoretisches Biomassepotenzial von Grünland in t/ha im Bezirk Most

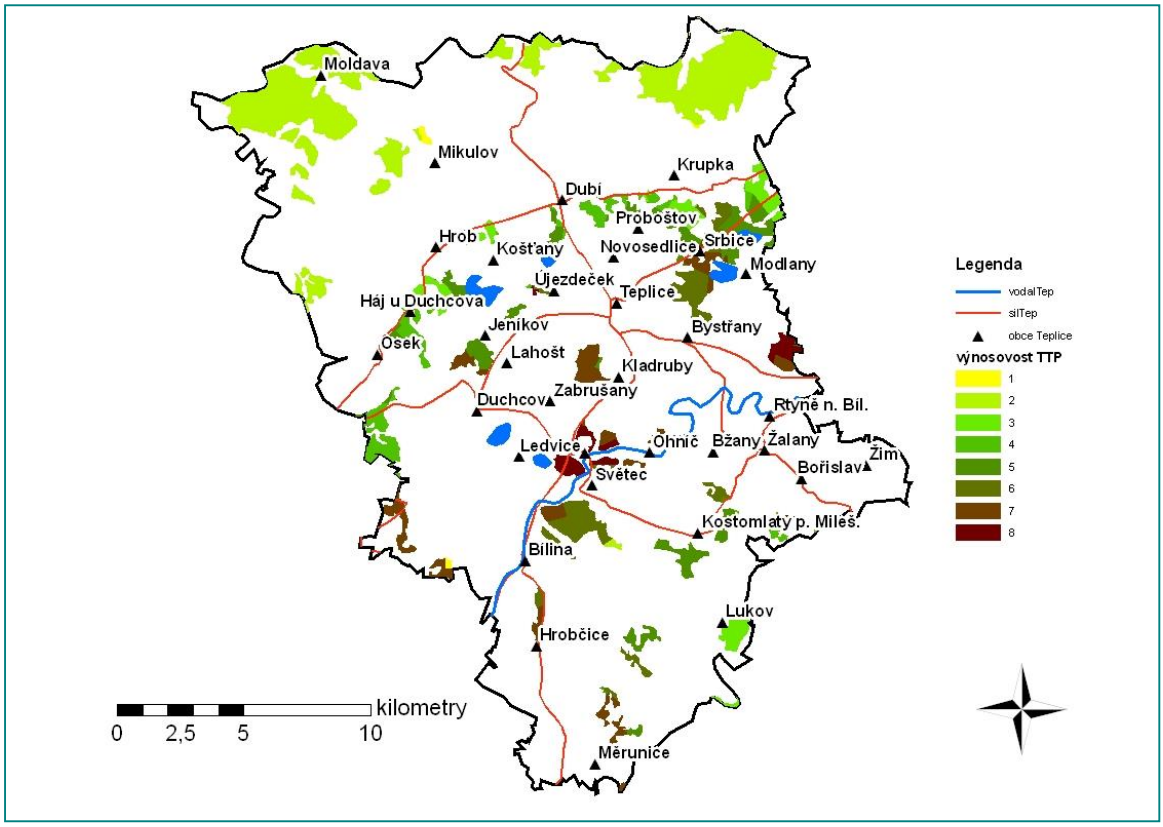


Abbildung 21 Theoretisches Biomassepotenzial von Grünland in t/ha im Bezirk Teplice

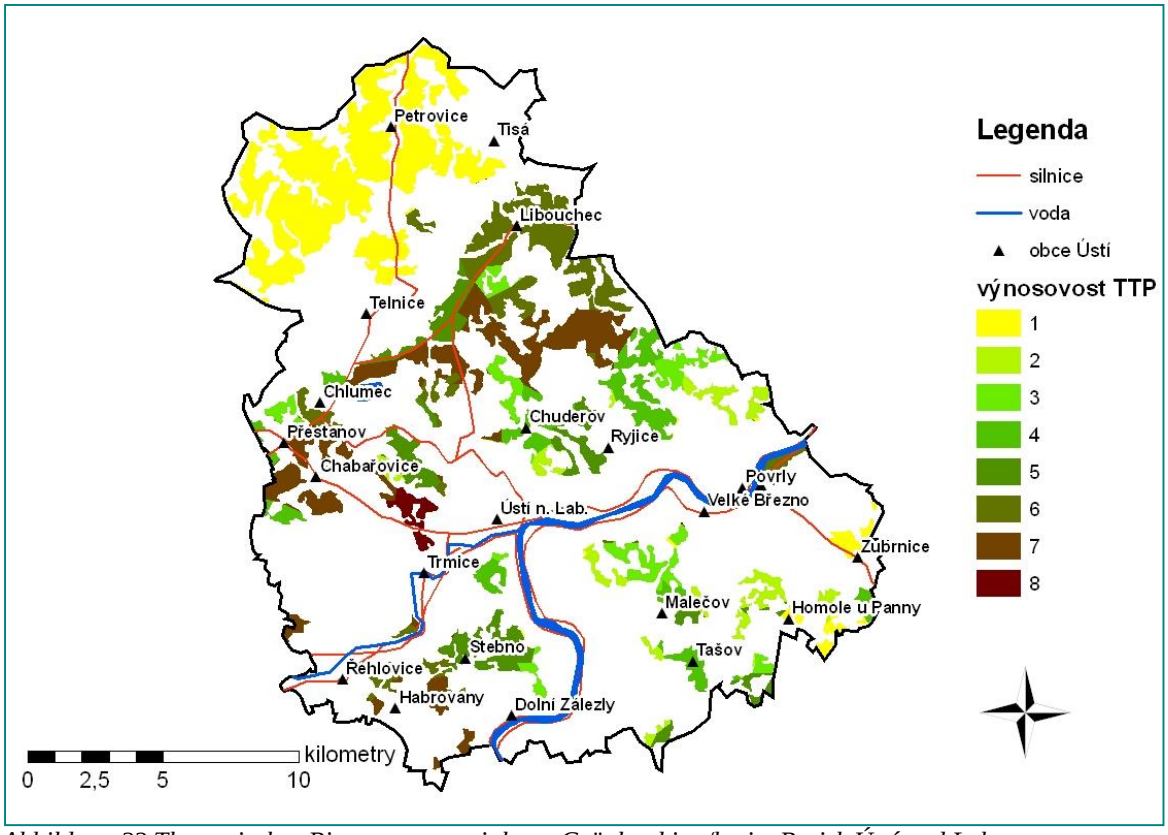


Abbildung 22 Theoretisches Biomassepotenzial von Grünland in t/ha im Bezirk Ústí nad Labem

Die Tabellen zeigen das Ertragspotential des Grünlandes in den betrachteten Bezirken:

Tabelle 5 Grünland in ha der analysierten Bezirke, eingeteilt in acht Produktionsgruppen

Produktionskategorie	Chomutov Ha	Most Ha	Teplice Ha	Ústí nad Labem Ha	Gesamt Ha
1	261,9	211,85	218,1	3870,76	4562,61
2	251,5	751,51	395,9	713,61	2112,52
3	618,94	260,34	676,41	944,61	2500,3
4	1487,85	263,37	783,34	1136,05	3670,61
5	1726,64	283,15	1229,62	1169,84	4409,25
6	4949,22	602,2	1221,17	1643,38	8415,97
7	3199,47	237,21	1254,97	2058,2	6749,85
8	1170,48	397,37	555,49	385,55	2508,89
Gesamt Ha	**13 666**	**3 007**	**6 335**	**11 922**	**34 930**

Tabelle 6 Gesamtproduktion von Heu (85 % TS) in ha der analysierten Bezirke, eingeteilt in acht Produktionsgruppen

Produktionskategorie	Chomutov To	Most To	Teplice To	Ústí nad Labem To	Gesamt To
1	775,17	992,78	313,02	5555,3	7636,27
2	15711,55	5468,44	882,24	1590,26	23652,49
3	5414,32	2633,81	2095,7	2926,67	13070,5
4	5271,39	3520,97	3207,18	4651,23	16650,77
5	18154	4581,58	6093,19	5796,97	34625,74
6	21080,24	11469,69	7123,07	9585,84	49258,84
7	12307,47	5211,25	8443,5	13847,6	39809,82
8	8895,96	10011,92	4286,24	2974,97	26169,09
Gesamt t	**87 610**	**43 890**	**32 444**	**46 929**	**210 874**
Energetisches potential GJ	**1 279 107**	**640 800**	**473 684**	**811 869**	**3 648 112**

In der folgenden Tabelle ist das gesamte theoretische energetische Potenzial von Stroh und Heu summiert.

Tabelle 7 Gesamtproduktion von Stroh und Heu (85 % TS) in t der analysierten Bezirke, eingeteilt in acht Produktionsgruppen

Produktionskategorie	Chomutov t	Most t	Teplice t	Ústí nad Labem t	Gesamt t
1	1317,44	1387,9	513,52	5876,49	9095,35
2	16520,12	6017,16	1553,39	2687,76	26778,43
3	8180,87	4706,71	4281,39	4203,55	21372,52
4	14059,55	5238,62	6093,44	7271,88	32663,49
5	30497,67	9791,09	11686,66	10660,55	62635,97
6	62728,4	20074,98	19978,35	13245,37	116027,1
7	43362,63	16590,09	14489,09	17934,59	92376,4
8	21925,6	25407,01	10240,95	5933,64	63507,2
Gesamt t	**198 592**	**89 214**	**68 837**	**67 814**	**424 456**
Energetisches potential GJ	**2 978 884**	**1 302 518**	**1 005 017**	**1 173 179**	**6 459 598**

Energetische Verwertung von Restholz

Die, nicht stofflich genutzten Holzabfälle, nach der Holzgewinnung haben einen Anteil von 45 % vom gesamten Holzvolumen. Beispielsweise handelt es sich um Stubben, Blätter und Nadeln. Für die Berechnung der jährlichen Produktion von dem verwertbaren Waldrestholz wurde die gesamte Holzgewinnung der betrachteten Regionen als Ausgangsdatenbasis angenommen. Von dem Betrag sind 45 % Anteil Waldrestholz berechnet wurden. Die Stubben

und Wurzeln haben davon einen Anteil von 15 % und können leider nicht energetisch verwertet werden, sondern verbleiben im Wald. Somit wurde mit einem Anteil von 30 % verwertbares Waldrestholz gerechnet.

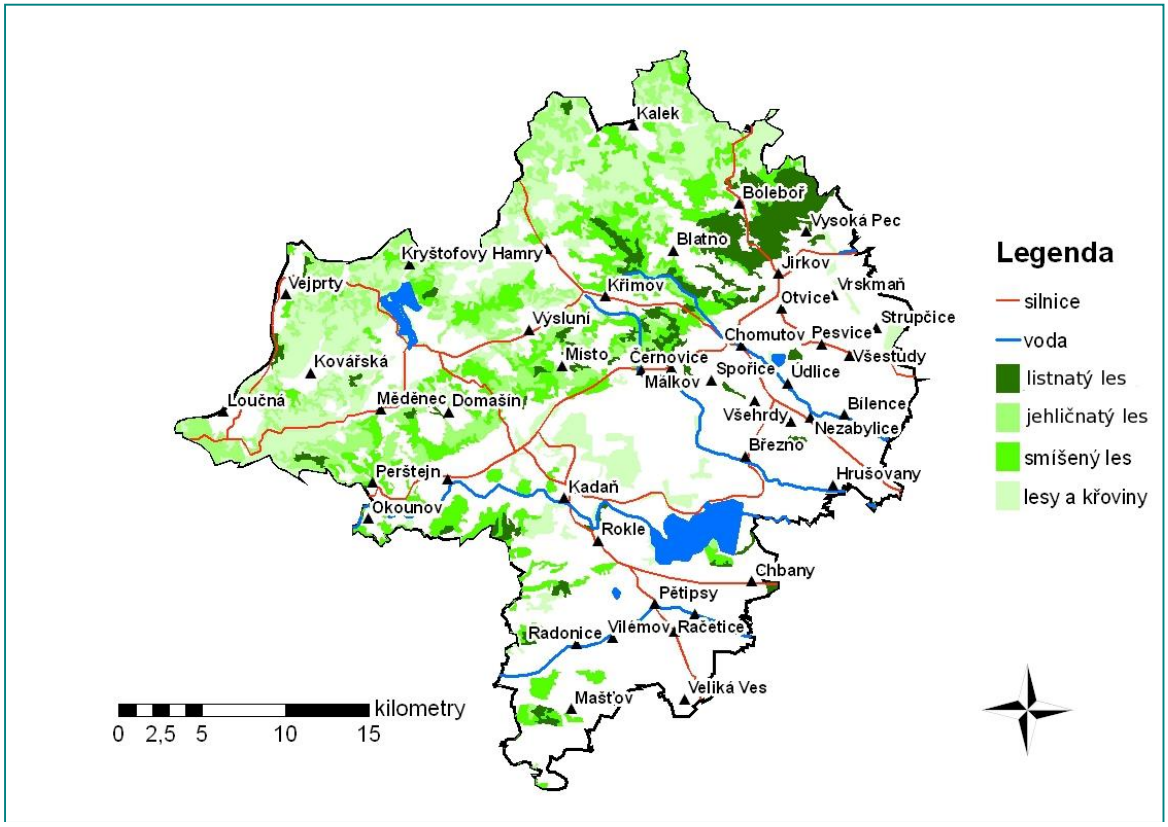


Abbildung 23 Kategorien von Wald im Bezirk Chomutov

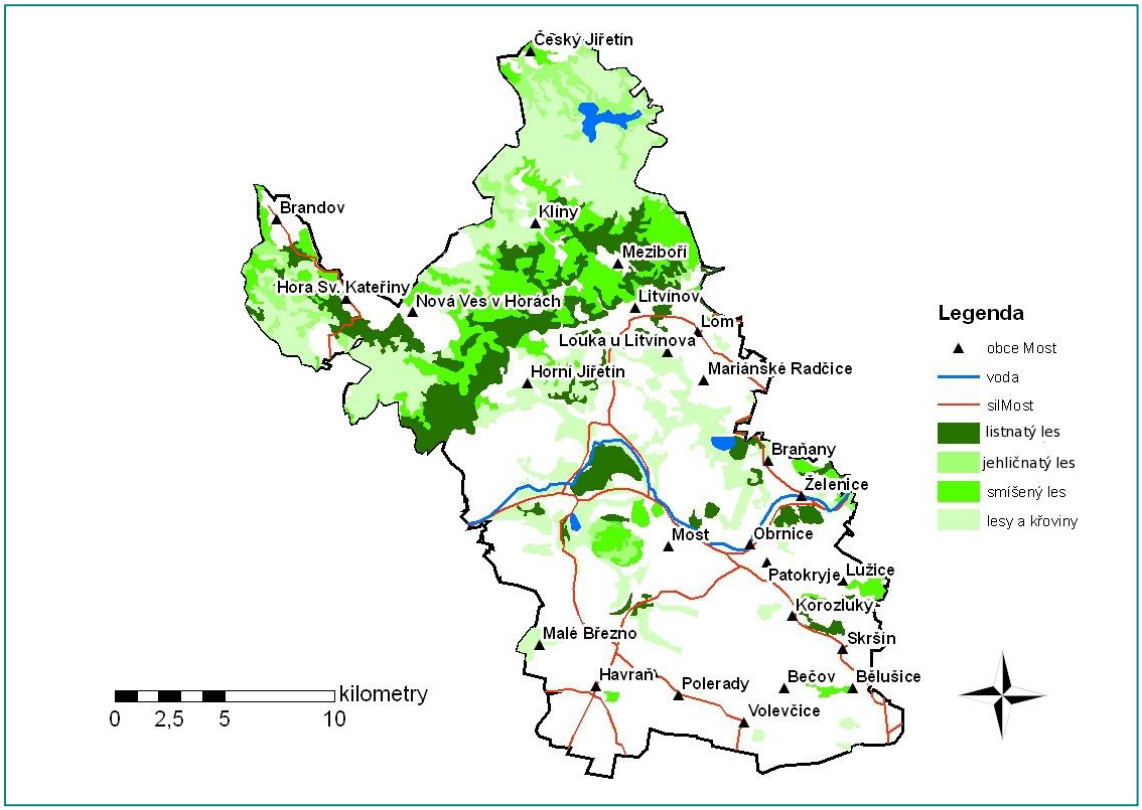


Abbildung 24 Kategorien von Wald im Bezirk Most

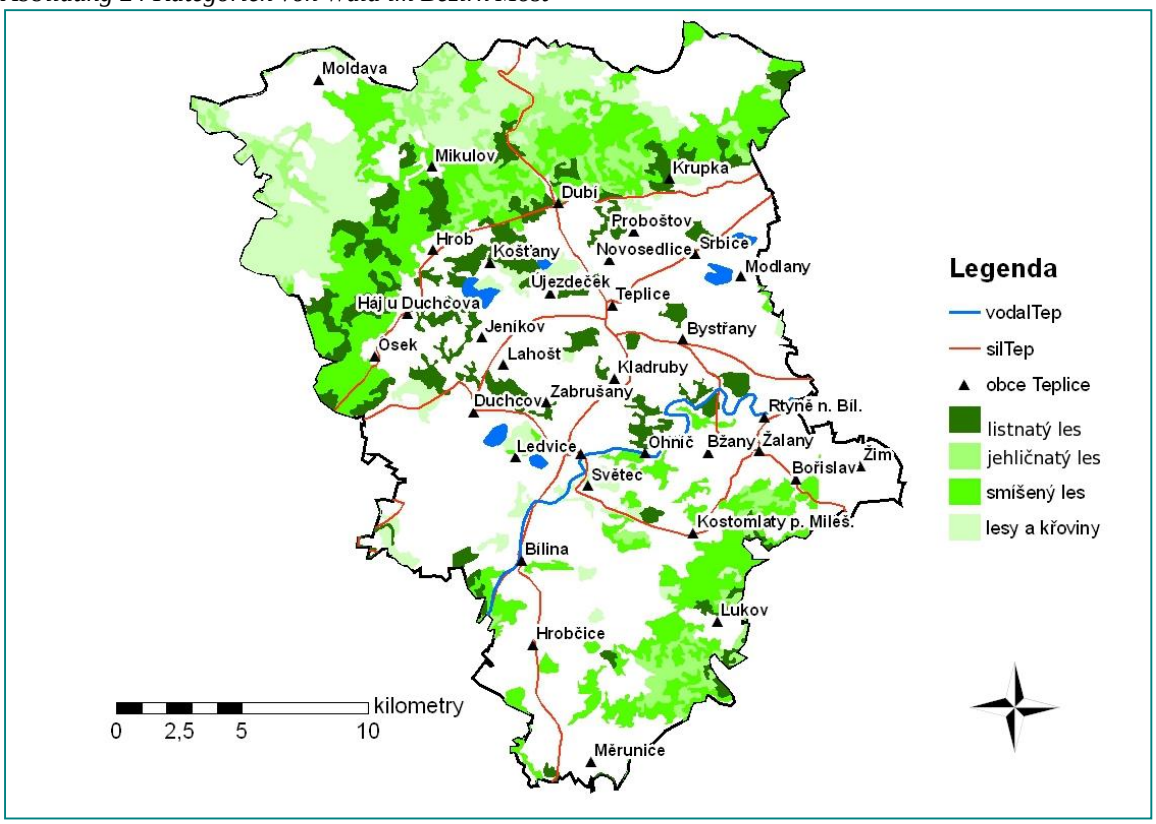


Abbildung 25 Kategorien von Wald im Bezirk Teplice

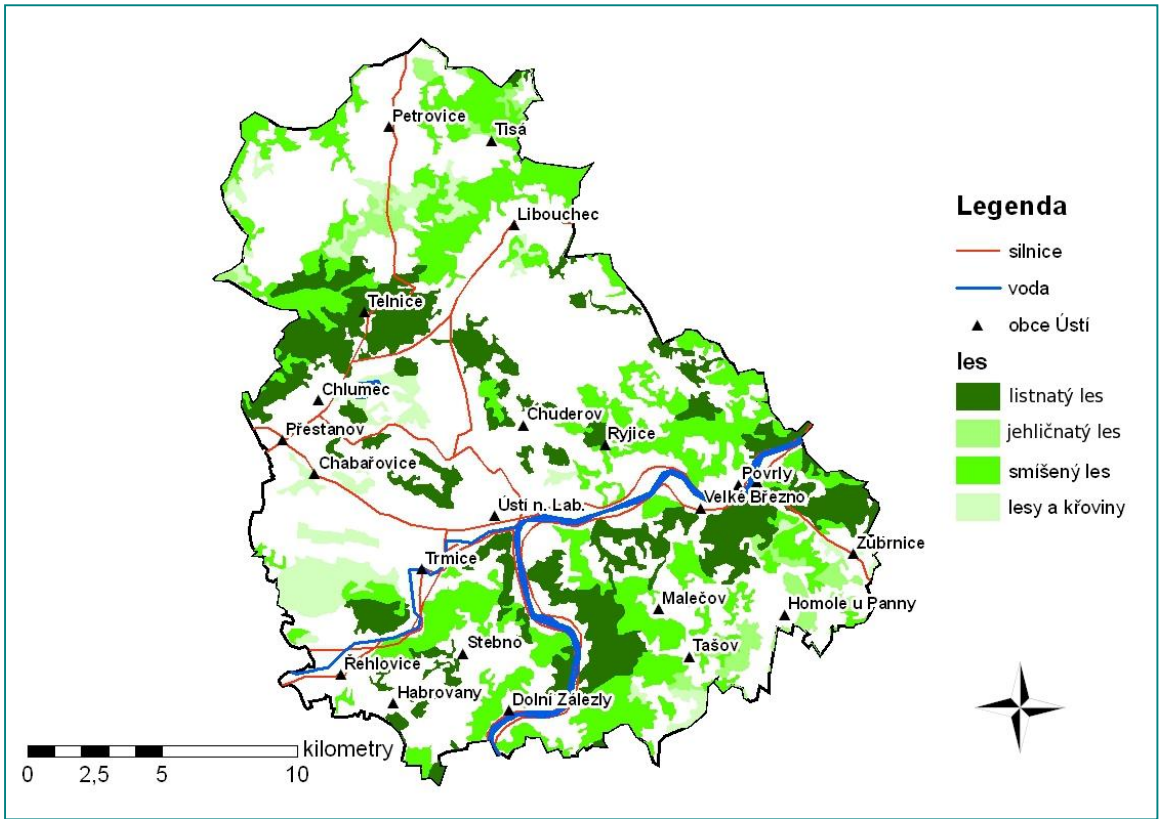


Abbildung 26 Kategorien von Wald im Bezirk Ústi nad Labem

Im Kreis Ústí nad Labem sind im Jahr 2012 ca. 317 000 ³ Nadelholz und 72 000 m³ Hartholz produziert wurden. In der folgenden Tabelle wurde der Anteil von Waldrestholz berechnet:

	Flache der Wälder	**Holzgewinnung**	**Masse pro Ha**	**Masse der Forstabfälle**	**Produktion auf die Fläche**
	Ha	**M³/ha**	**Kg /Ha**	**t/ha 30% Holzgewinnung**	**t Holz im Naturzustand**
Hartholz	36 574	1,93	1 798	0,54	19 726
Nadelholz	103 948	3,05	2 300	0,69	71 739
Gesamte Produktion von Forstabfällen in Ha/ Jahr					**91 465**
Energetisches potential 5,6 GJ/t					**512 204**

Zusammenfassung

In der Studie wurde das theoretische energetische Biomassepotential von Grünland, Ackerland und von Waldrestholz berechnet und grafisch dargestellt. Die Daten geben Informationen über die gesamte Biomasseproduktion für die nordböhmische Gebietskulisse. Für die tatsächliche Nutzung steht von dem theoretischen Potential nur ein relativ kleiner Anteil zur Verfügung. Die Gründe sind in den vorhergehenden Kapiteln beschrieben.

3.3 Wissenschaftliche Evaluation der Anbauversuche

3.3.1 Ergebnisse auf deutscher Seite

Auf schwermetallbelasteten Flächen im Raum Freiberg wurden innovative Energiepflanzen als Rohstoff für den Aufbau von regionalen und grenzüberschreitenden Biomasse-Wertschöpfungsketten versuchsweise angebaut.

Die Erläuterungen zur Vorgehensweise (Material und Methodik), ausführliche Information zu den Energiepflanzen und die gesamten Anbauergebnisse sind in den veröffentlichten Studien „Standortangepasster Anbau von Biomasse auf schwermetallkontaminierten Arealen der Region Freiberg unter Nutzung bewährter Anbausysteme auf Bergbaufolgelandschaften der Region Chomutov –Begleitstudie zum Anbauversuch im Rahmen des Ziel3 Projektes ´RekultA“ und „Sortengarten am Weidegut Colmnitz –Bericht zu Ernte und Ertragsmessung März 2011“ erläutert. Fotos von den Rekulta-Versuchsflächen von 2011 bis 2013 sind auf der Projekthomepage www.biomasse-freiberg.de veröffentlicht. Im Folgenden die wichtigsten Ergebnisse aus den RekultA-Anbauversuchen auf deutscher Seite der Euroregion Erzgebirge:

Die Ziele der Anbauversuche waren folgende Fragen zu beantworten: Wie reagieren die innovativen mehrjährigen Energiepflanzen hinsichtlich der Bestandesentwicklung in den klimatischen Bedingungen im Raum Freiberg, wie hoch ist der Ertrag im Vergleich zum Mais, wie hoch die Schwermetallaufnahme und sind die Energiepflanzen ökonomisch für die Landwirte interessant?

Ausgewählte Energiepflanzen

Ein Ziel von „RekultA“ war, die jahrelangen Anbauerfahrungen des Institutes für Pflanzenbau Prag mit mehrjährigen Anbausystemen auf Bergbaufolgelandschaften, für die sächsischen schwermetallbelasteten Böden auf Versuchsflächen zu testen.

Aufgrund der positiven Eigenschaften von mehrjährigen Energiepflanzen gegenüber den einjährigen landwirtschaftlichen Kulturen, wie z.B. Minderung der Erosionsgefahr, nach etablierten Bestand kein Herbizideinsatz, Verringerung der Treibhausgasemissionen, Erhöhung der Biodiversität, Bruthabitate und Nahrungsquellen für Vögel und Bienen, waren diese für die schwermetallbelasteten Flächen geeignet. Weitere Auswahlkriterien für die Energiepflanzen waren Frosthärte (für Freiberger Klimabedingungen geeignet), hoher Ertrag, geringe Schwermetallaufnahme der Pflanzensorten (Phytostabilisierung), innovative Energiepflanze (bisher nicht in der Region getestet), positive Ergebnisse aus anderen Anbauversuchen und möglichst eine wirtschaftliche Nutzung zur energetischen Verwertung in Biogas- oder/und Verbrennungsanlagen.

Folgende innovative mehrjährige Energiepflanzen wurden angebaut:

- **Miscanthus** (*Miscanthus giganteus)* zur Verbrennung (3 Sorten: Miscanthus x giganteus, Miscanthus Ilka und Miscanthus Nagara)

aufgrund der jahrzehntelangen Ergebnisse von der LfULG und der vielseitigen Nutzung (stofflich/energetisch) (Röhricht 2008)

- **Durchwachsene Silphie** (*Silphium perfoliatum*) zur Biogaserzeugung: interessante Ergebnisse (Ertrag und Methanertrag wie Mais) von Anbauversuchen der TLL und geringe Schwermetallaufnahme (Sauer 2011)
- **Rohrglanzgras** (*Phalaris arundinacae*) zur Biogaserzeugung, Verbrennung und stofflicher Nutzung(2 Sorten: kanadische Sorte „Palaton“ und tschechische Sorte „Chrastava“): jahrelange positive Erfahrungen von Anbauversuchen bei tschechischem Projektpartner (Honzik 2011)
- **Riesenweizengras** (*Elymus elongatus*) zur Biogaserzeugung (Sorte: „Szarvasi“): durch Ergebnisse der LLA Triesdorf (Ertrag wie Mais) (Geißendörfer 2012a).
- **Pappel- und Weidensorten** zu Verbrennung (13 Sorten: Pappelhybriden:Max 1, Max 3, Max 4, Hybride 275, Beaupre, Muhle Larson, Androscoggin; Weidenhybriden: Tordis, Tora, Inger, Sven, Torhild, Jorr)

Zwischen den Projektpartnern fand zu Beginn ein Austausch von Saat- bzw. Pflanzgut statt: die Durchwachsene Silphie wurde dem tschechischen Projektpartner aus Deutschland zur Verfügung gestellt. Dagegen die Rohrglanzgrassorten „Chrastava“ und „Palaton“ dem deutschen Projektpartner aus der Tschechischen Republik.

Versuchsflächen

Bei den Feldversuchen handelt es sich um Versuche unter Praxisbedingungen, d.h. die Flächen werden unter Produktionsbedingungen bewirtschaftet (Praxisversuch) (Erhard 2006: 24). Im Biomasse-Verein Freiberg sind überwiegend regionale Agrargenossenschaften Mitglieder. Diese Landwirtschaftsbetriebe sind an Feldversuchen interessiert, die fundierte Aussagen unter großflächigen Praxisbedingungen eruieren, wie diese in der Praxis praktiziert werden, um dann die Anbauempfehlungen direkt vor Ort und mit realistischen Wachstums- u. Ertragserwartungen umzusetzen. Bei Topf- und kleinflächigen Parzellen-versuchen ist dies nicht der Fall. Die Anbauversuchsflächen wurden für die Öffentlichkeit zu Lehr- und Anschauungszwecken genutzt.

Die Versuchsflächen liegen in Colmnitz, Clausnitz, Weißenborn und Niederbobritzsch und somit überwiegend im „Bodenplanungsgebiet“ Freiberg.

Die Flächen befinden sich im Erzgebirgsvorland, d.h. in 400 bis 900 m über NN mit einer teilweise starken Hangneigung. Durch die Höhe beginnt die Vegetationszeit etwas später als z.B. in den sächsischen Flachlandstandorten und besitzen somit eine langsamere Bodenerwärmung, welche die Ertragsfähigkeit vermindert. Die Böden sind Verwitterungsböden mit einem hohen Steinanteil. Durch die Hangneigung besteht eine hohe Erosionsgefährdung (FNR-LfULG 2012: 9).

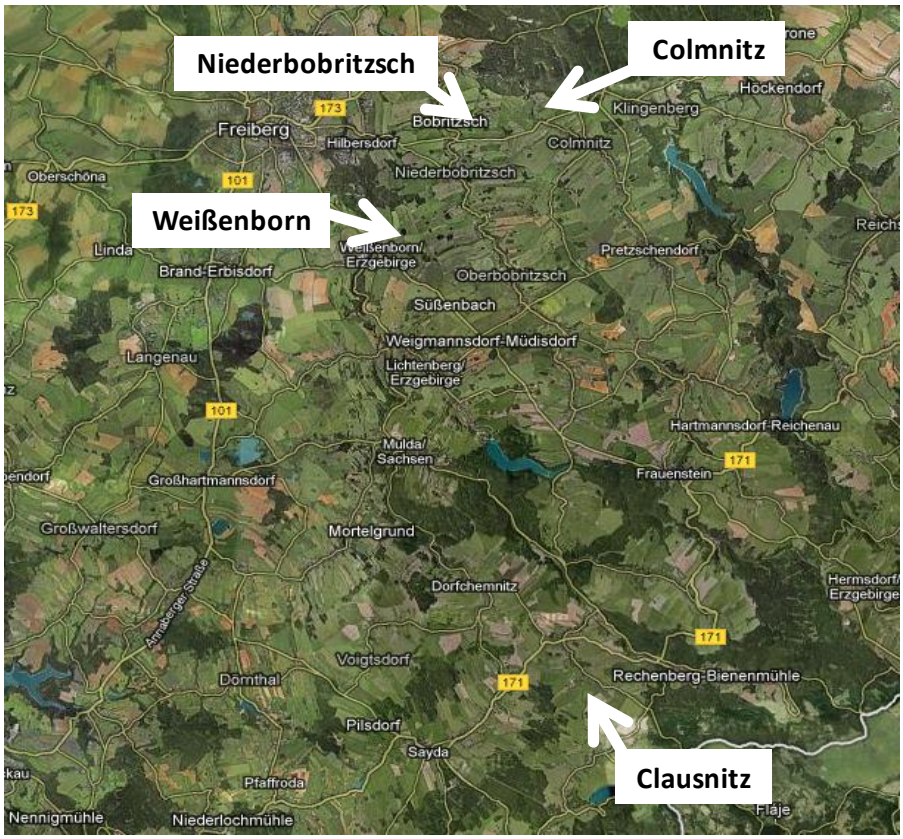


Abbildung 27 Lage der Versuchsflächen (Quelle: Google earth 2013)

Nachfolgender Tabelle können die gemessenen Gehalte der Böden an Arsen, Cadmium, Blei und Zink für alle beernteten Kulturen und Versuchsstandorte entnommen werden.

Da alle Standorte Ackerflächen sind, wurden die Grenzwerte nach BBodSchV für Ackerland betrachtet. Bei Cadmium und Blei sind Grenzwerte überschritten worden. Insgesamt war die Belastung am Szarvasi-Standort am niedrigsten. Die Arsen-Gehalte waren in Colmnitz im Vergleich zu Niederbobritzsch und Weißenborn am höchsten. Für Cadmium sowie Zink ergab sich kein einheitliches Bild bei den verschiedenen Zeitpunkten der Beprobung. Bezüglich des Bleigehaltes erzielten sowohl Niederbobritzsch als auch Weißenborn ähnliche Messwerte, Colmnitz wies etwas niedrigere Bleigehalte auf. Für andere Schwermetalle, wie Kupfer und Nickel, für welche Maßnahmewerte für Grünland existieren, wurden keine erhöhten Werte festgestellt.

Tabelle 8 Analyseergebnisse der Versuchsstandorte nach Königswasser-Extrakt-Methode und Ammoniumnitrat-Extrakt-Methode - Elementgehalte in mg/kg TS, Grenzwerte nach BBodSchV

	Parzellen	alle		Silphie		Rohrglanzgras "Palaton"		Grenz-wert
	Zeitpunkt	Mai 11	Mrz 12	Herbst 2012	Herbst 2013	Jun 13	Sep 13	
As	Colmnitz	84,1	83,7	46,5	90,76	16,6	57,5	**KW**:
	Niederbobritzsc	36,8	60,7	28,7	59,54	16,3	65,67	200 (Acker)
	Weißenborn	31,2	52,1	25,1	45,14	14,8	54,77	50 (Grün-land)
Cd	Colmnitz	1,88	1,41	1,53	1,33	1,56	1,76	**KW**:
					0,81*		1,12*	20
	Niederbobritzsc	1,64	1,55	1,84	1,74	1,46	1,64	(Grünland)
					0,58*		0,34*	**AN**:
	Weißenborn	2,16	1,12	1,54	1,18	1,22	1,39	0,1 (Acker)
					0,09*		0,09*	
Pb	Colmnitz	138	132	138	141,16	109	121,45	**KW**:
					1,67*		1,39*	1200
	Niederbobritzsc	228	180	188	204,3	182	219,55	(Grünl.)
					0,82*		0,5*	**AN**:
	Weißenborn	226	173	194	178,16	159	207,26	0,1 (Acker)
					0,23*		0,24*	
Zn	Colmnitz	194	178	177	159,08	182	193,25	Nur bei einge-schränk. Wachstum **AN**
	Niederbobritzsc	279	194	204	182,59	181	175,39	2
	Weißenborn	215	239	260	229,73	231	247.20	
As	**Szarvasi**	**KW**	9,28	**AN**				s.o.
Cd	Juli 201		0,479		0,17*			s.o.
Pb	Clausnitz		73,58		0,50*			s.o.
Zn			154,53					s.o.

*AN = Ammoniumnitratextrakt

Die Klimadaten wurden in Nähe der Versuchsflächen durch die Wetterstationen in Freiberg-Zug und Klingenberg aufgezeichnet. Im Folgenden eine Aufzeichnung der Wetterstation Freiberg-Zug:

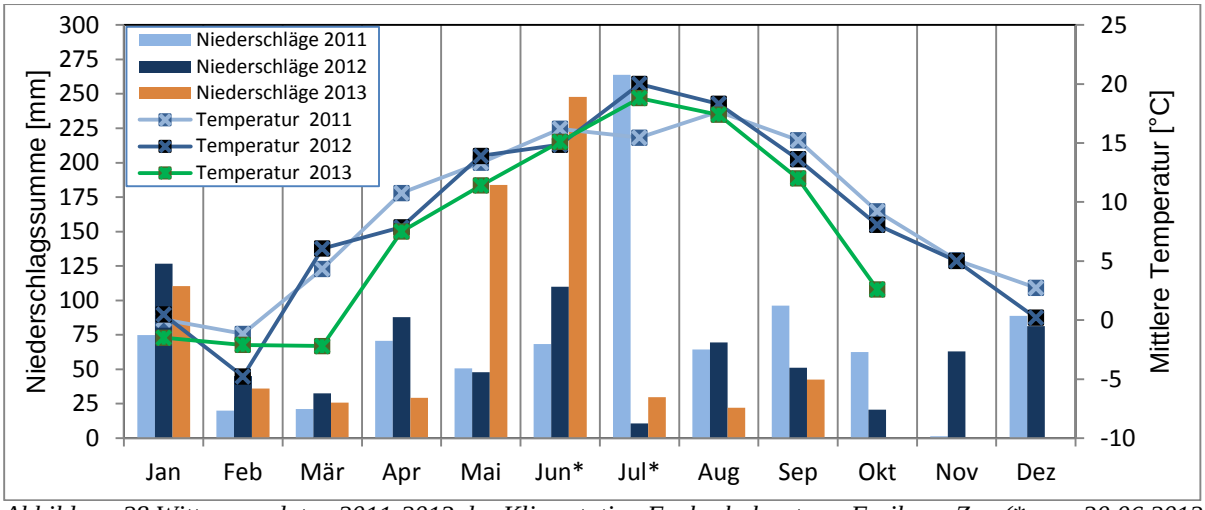


Abbildung 28 Witterungsdaten 2011-2013 der Klimastation Fachschulzentrum Freiberg-Zug (vom 30.06.2012 bis 27.07.2012 erfolgte aus technischen Gründen keine Messung von Temperatur und Niederschlag) (Fachschulzentrum Freiberg-Zug 2013)*

Versuchsaufbau / Methodik

Die RekultA-Versuchsflächen wurden von Juli 2011 bis Oktober 2013 untersucht. Die Versuchsfläche in Clausnitz ist ein großflächiger Praxisversuch mit 3,35 ha. Jeder Parzellen-Versuchsstandort (Niederbobritzsch, Colmnitz und Weißenborn) hat eine ähnliche Versuchsanordnung. Es sind insgesamt 6 Parzellen, von jeder Energiepflanze (Durchwachsene Silphie, Rohrglanzgras, Chinaschilf) zwei Teilflächen, d.h. zwei Parzellen pro Standort (siehe Abbildung 13). Pro Standort waren ca. 2.000 m² Silphie, 800 m² Rohrglanzgras und Miscanthus vorhanden. Der Pappel- und Weidensortengarten befindet sich mit 0,8 ha Größe in Colmnitz, unmittelbar an der RekultA-Versuchsfläche.

Um die Versuchsfragen bzgl. der Bestandsentwicklung zu untersuchen wurden mehrere Feldaufgangskontrollen/Auswinterungsbonituren durchgeführt. Der Frischmasse-Ertrag ist über Wiegen von Pflanzenproben ermittelt worden. Der TM-Ertrag wurde über den TS-Gehalt durch die Trocknung der Pflanzenproben in einen Trockenschrank rechnerisch ermitteln. Die Schwermetallergebnisse der Pflanzen- und Bodenproben ermittelte das Institut für Ökotoxiologie in Chomutov durch das Königwasser-Aufschlußverfahren.

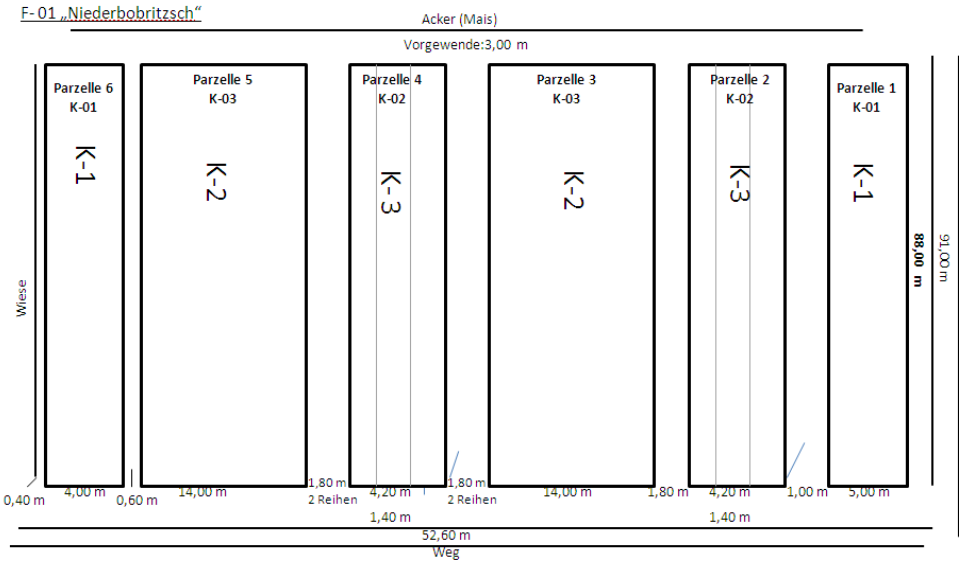


Abbildung 29 Versuchsanordnung der Versuchsfläche Niederbobritzsch (K-1= Rohrglanzgrassorte „Palaton“, K2= Durchwachsenen Silphie, K-3= 3 unterschiedliche Sorten Miscanthus „Amuri“, „Naraga“, „Miscanthus giganteus“ nach Umbruch der Miscanthusfläche wurde die Rohrglanzgrassorte „Chrastava“ ab Juli 2012 angesät.)

Ergebnisse des Weiden- und Pappelsortengartens

Die KUP-Plantage wurde 2007 angelegt und am 31.03.2011 im vollmechanisieriten Verfahren (Feldhäcksler mit Holzerntevorsatz zum Abernten und Zerkleinerung zu Hackschnitzeln) geerntet. Die Wurzelstöcke sind im Boden verblieben und wieder ausgetrieben.

Abbildung 30 Ernte der KUP-Plantage

Abbildung 31 Zwischenlagerung der Hackschnitzel

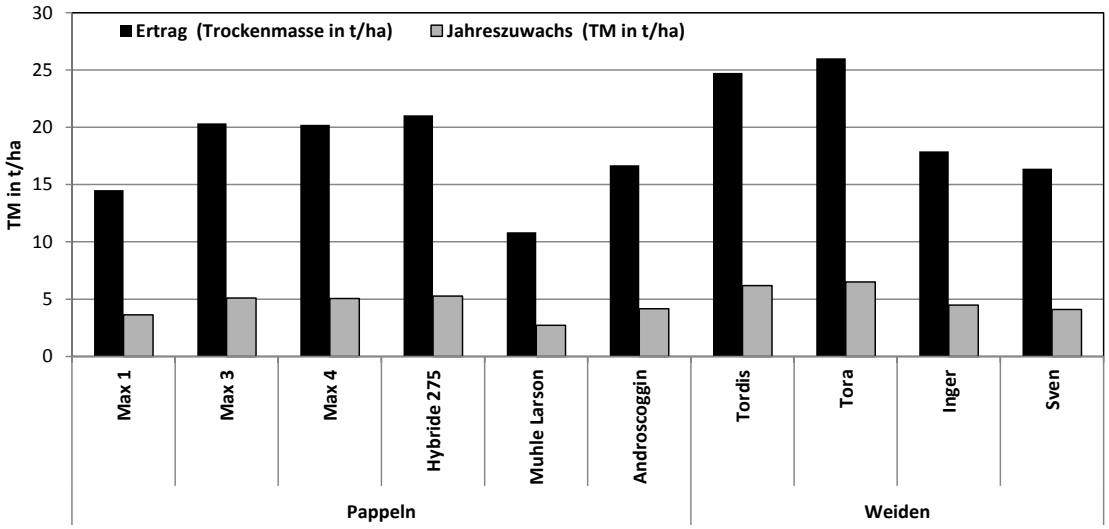


Abbildung 32 Ertrag und Jahreszuwachs ausgewählter Pappel- und Weidensorten

Erfahrungsgemäß wird bei einem mittleren Umtrieb ein Jahreszuwachs von 10 – 12 t TM/ha erreicht, bei einer Schwankungsbreite von 6 – 25 t TM/ ha je Standort und Sorte erreicht (Röhricht et al. 2009). Die Erträge in Colmnitz sind mit 3-7 t TM/ ha gering. Gründe sind u.a. Anwachsprobleme, Ernteverluste, Standort (geringe Ackerzahl, hoher Steinanteil) und geringe Pflanzdichte.

Ergebnisse der Durchwachsenen Silphie

Die durchwachsene Silphie wurde von 11. bis 15. Juli 2011 auf den Versuchsflächen, nach einer intensiven Saatbettvorbereitung, als Jungpflanze ausgebracht und entwickelte sich in 2011 zu einer grundständigen Blattrosette. Problematisch war der hohe Unkrautdruck, aufgrund des lückigen Bestandes, der durch mechanische und chemische (Stomp aqua) Pflegevorgänge eingedämmt wurde. Durch den ersten Frost starb die oberirdische Biomasse ab und die Pflanzen trieben im Frühjahr 2012 wieder neu aus. Die Auswinterungsschäden betrugen jeweils nur 2% in den Wintern 2011/2012 und 2012/2013. Es erfolgte im Jahr 2012 eine mineralische Düngung und im Jahr 2013 eine organische Düngung unter Berücksichtigung des N-Sollwert von 100 kg/ha. Die Pflanzen erreichten eine Höhe von ca. 2,60 m. Im Jahr 2012 blühte die Pflanze erstmals von Juli bis September, dies war eine ideale Bienen- u. Insektenweide durch den hohen Nektargehalt.

September 2012

Juli 2012

August 2013

Im September/Oktober 2012 sowie 2013 wurden die Durchwachsenen Silphies mit einem normalen Feldhäcksler mit Maisgebiss geerntet und in regionalen Biogasanlagen versuchsweise unproblematisch verwertet. Es sind keine Pflanzenkrankheiten und unproblematische Schädlinge (Schnecken, Wühlmäuse) vorgekommen. Die Pflanze kann bis zu 20 Jahren in jedem Jahr von der gleichen Fläche geerntet werden. Nur eine Düngung im Frühjahr ist notwendig.

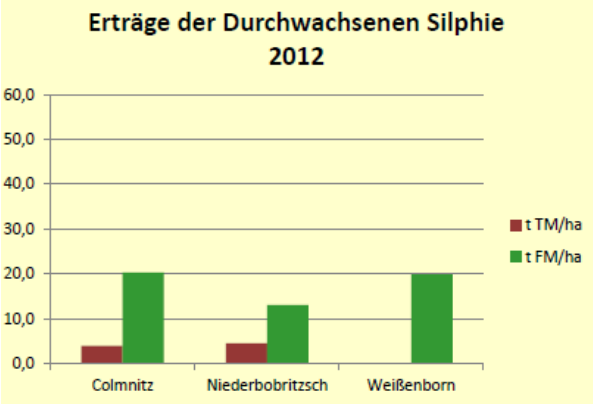


Abbildung 33 Durchwachsenen Silphie-Ertrag in 2012

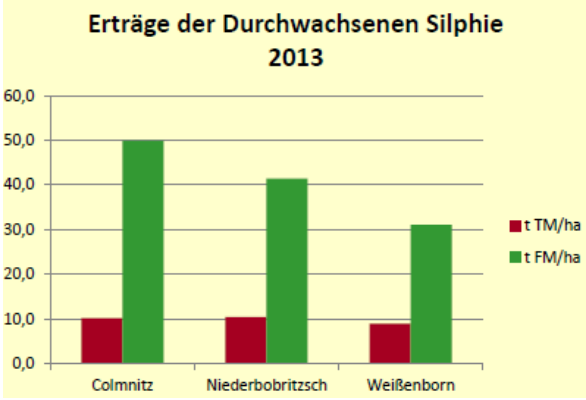


Abbildung 34 Durchwachsenen Silphie-Ertrag in 2013

Die Erträge der Ernte 2012 sind unter Vorbehalt zu betrachten, weil sich der Bestand noch nicht durch einen hohen Unkrautdruck etabliert hatte und der Erntezeitpunkt im Oktober zu spät war (Blätter teilweise schon schwarz verwelkt). Im Jahr 2013 war der Frischmasseertrag 1,6 bis 3,2fach mit 49,9 t FM/ha und TS-Gehalten von 20 bis 27% höher.

Genaue Daten zur ökonomischen Betrachtungen des Silphieanbaus unter der Annahme von spezifischen Voraussetzungen existieren in verschiedenen Quellen (TLL 2013: 61ff., KTBL 2012, TLL-Vetter 2010, Frommhagen et al. 2013). Fazit der Quellen: Die hohen Investitionskosten für die Neuanpflanzungen eines Silphiebestands werden durch die wenigen pflanzenbaulichen Arbeitsgänge in den folgenden Jahren, den mit Mais vergleichbaren Ertrag und der langen Nutzdauer fast ausgeglichen (Vetter 2010: 45). Eine Bestandesetablierung durch Direktsaat wäre günstiger, aber es ist noch Forschungs- u. Entwicklungsarbeit notwendig, um eine ausreichende Samenanzahl und –behandlung und ein optimales Anbauverfahren sowie geeignete Herbizide, zu identifizieren.

Ergebnisse von Miscanthus

Von 11. bis 15. Juli 2011 wurden die Miscanthus-Jungpflanzen (Miscanthus x giganteus, Miscanthus Ilka und Miscanthus Nagara) auf den Versuchsflächen ausgebracht. Die Pflanzen wurden manuell in bis zu 30 cm gezogene Furchen in einem Reihenabstand von 70 cm eingesetzt.

RekultA-Versuchsflächen	Colmnitz		Weißenborn		Niederbobritzsch	
	Halmlänge	Halmanzahl/Pfl.	Halmlänge	Halmanzahl/Pfl.	Halmlänge	Halmanzahl/Pfl.
Miscanthus x giganteus	48	4	47	6	63	9
Miscanthus Ilka	52	5	55	9	66	7
Miscanthus Nagara	54	10	57	16	66	7

Abbildung 35 Boniturergebnisse der Miscanthushalmlänge und Halmanzahl/Pflanze vom 3./4.11.2011 auf allen drei RekultA-Versuchsflächen

Im November 2011 hatten die Miscanthuspflanzen eine Halmlänge von bis zu 66 cm und bis zu 16 Halme/Pflanze. Ideal wäre ein Bestand von 1,20 m mit 10-20 Halme/Pflanze gewesen (C.S.P. GmbH 2012). Die Sorte „Miscanthus Nagara“ hat auf allen drei Versuchsflächen die höchste Halmanzahl pro Pflanze erreicht, insgesamt sind aber keine großen Unterschiede in der Bestandsentwicklung zwischen den Sorten erkennbar.

Juli 2011

November 2011

Mäuselöcher an den Wurzeln November 2011

Bei einer Auswinterungsbonitur im Mai 2012 sind 61% der Miscanthuspflanzen in Niederbobritzsch, 87% in Colmnitz und 71% in Weißenborn nicht wieder ausgetrieben (siehe Abbildung 23).

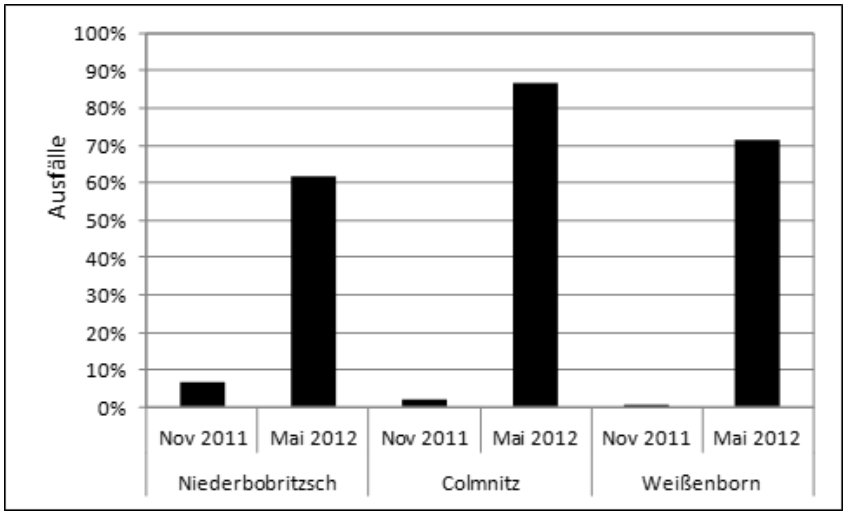


Abbildung 36 Ausfallquote von den drei gesteten Miscanthussorten auf den RekultA-Versuchsflächen

Für die Miscanthuspflanzen ist der erste Winter der kritischste für die Bestandbildung (Röhricht 2006). Die Jungpflanzen wurden bis zu 30 cm in den Boden gesteckt und eine lange Vegetationszeit bis Mitte November war im Jahr 2011 vorhanden. Dennoch könnten die Ursachen für die hohe Ausfallrate sein: zu später Pflanztermin im Juli 2011 (optimal wäre Mai, durch starke Trockenheit und Spätfröste wurde erst im Juli gepflanzt), hoher Unkrautdruck vorhanden (durch mechanische/chemische Behandlung versucht einzudämmen) und wetterbedingt (im Februar 2012 Temperaturen bis minus 18 °C bei unbedeckten Boden). Die 14 tägige Frostperiode kann, aufgrund der Empfindlichkeit des Miscanthus im ersten Winter, die Hauptursache für die hohe Ausfallrate sein. Eine Nachpflanzung wurde durch die hohe Ausfallrate aus ökonomischen Gründen und fehlenden Abnehmern, die einen fairen Preis für den Brennstoff zahlen würden, nicht mehr durchgeführt. Im Mai 2012 wurden die Miscanthusparzellen aus allen Versuchsflächen abgemäht und Anfang Juli mit einen Totalherbizid behandelt. Anschließenden ist eine mechanische Bodenbearbeitung für die Aussaat von der Rohrglanzgrassorte „Chrastava“ in Weißenborn und Niederbobritzsch erfolgt..

Ergebnisse von Rohrglanzgrassorte „Chrastava“

Aufgrund der positiven Erfahrung mit der kanadischen Rohrglanzgrassorte „Palaton“ sollte eine tschechische Rohrglanzgrassorte für den Anbau getestet werden. Die Sorte „Chrastava“ wurde auf den umgebrochenen Miscanthusflächen in Weißenborn und Niederbobritzsch angebaut. Es war keine Saatmaschine mit der erforderlichen Arbeitsbreite (1,80 m) verfügbar, deshalb konnte in Colmnitz nicht ausgesät werden. Die Aussaat erfolgte am 27.Juli 2012 mit einer Aussaatstärke von 2,8 g/m².

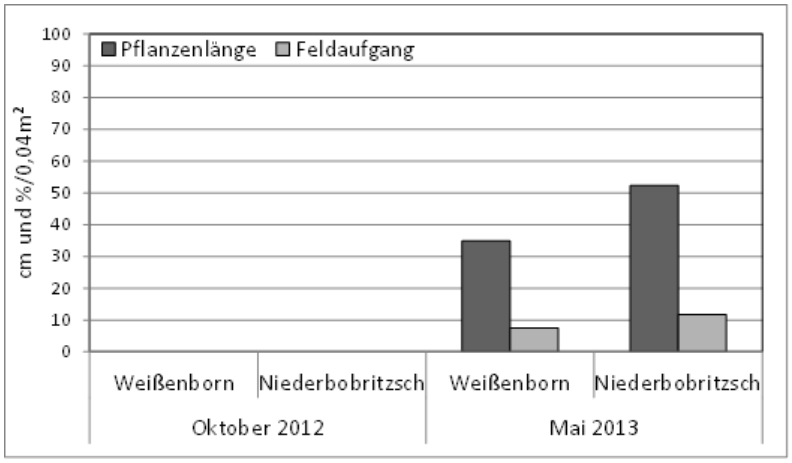


Abbildung 37 Bestandesentwicklung und Feldaufgangskontrolle der Rohrglanzgrassorte „Chrastava“

Abbildung 38 Parzelle "Chrastava" am 23.Mai 2013 in Weißenborn

Im Oktober 2012 wurde eine erste Bonitur durchgeführt, leider konnten auf den Versuchsflächen keine Daten zum Feldaufgang und Pflanzenlänge aufgenommen werden, weil kein Rohrglanzgras zu sehen war. Das Unkraut dominierte, trotz Pflegemaßnahmen, die gesamte Versuchsfläche mit einer Höhe bis zu 80 cm. Die Ursache liegt in der geringen Keimfähigkeit des Saatgutes im Vergleich zu der vom Saatguthändler angegeben. Bei einer Laboruntersuchung bei unserem tschechischen Kooperationspartner dem Institut für Ökotoxikologie in Chomutov wurde eine Keimfähigkeit von 16 % ermittelt (Honzik 2013). Bei einer Bonitur im Mai 2013 waren 7-11 % der Pflanzen aufgegangen, dies deckt sich mit der Keimungsrate in den oben genannten Laborversuchen. Bei einigen Pflanzen wurde Mehltau festgestellt. Eine Aussage, ob diese tschechische Rohrglanzgrassorte für einen Anbau im Freiberger Raum zu empfehlen ist kann nicht getroffen werden. Die Hauptursache liegt in der geringen Keimungsrate. Die Versuchsflächen wurden deshalb wieder umgebrochen.

Ergebnis von Rohrglanzgrassorte „Palaton“

Die Rohrglanzgrassorte „Palaton“ wurde vom 07.07.2011 bis 13.07.2011 auf den Versuchsflächen mit einer Aussaatstärke von 20 kg/ha gesät. Der Bestand entwickelt sich stetig: bei der Bonitur im November 2011 von 35 % Feldaufgang und einem lückigen Bestand bis zu 65 % im Mai 2012 mit einer Pflanzenlänge von ca. 78 cm und einem geschlossenen Bestand im Mai 2013 (Feldaufgang bei 93 %). Der Unkrautbestand verringerte sich somit abhängig von Grasbestand und den durchgeführten mechanischen und manuellen Pflegemaßnahmen. Teilweise war Mehltau an den Pflanzen vorhanden. Düngung erfolgte jeweils im Frühjahr und nach der Ernte.

August 2011

März 2011

Mai 2011

Die Rohrglanzgrasernte der Sorte „Palaton“ fand erstmals am 25./26. Mai 2012 und im Jahr 2013 am 12. Juni sowie 27. September statt. Eine zweimalige Ernte im Jahr jeweils im Sommer/Herbst ist zur Verwertung in der Biogasanlage und eine einmalige jährlich im Winter zur thermischen Nutzung zu empfehlen. Eine geplante Winterernte 2012/2013 entfiel aufgrund der hohen Schneebedeckung und weil das Gras lagerte. Von 2012 und 2013 geernteten Pflanzen wurden versuchsweise in einer Biogasanlage mit anderen Einsatzstoffen (aufgrund der geringen Menge) unproblematisch getestet. Bei Erfahrungswerten von 10-14 t TM/ha ist der Ernteertrag in 2012 aufgrund des noch lückigen Bestandes gering. Im Jahr 2013 wurden durchschnittlich 12 t TM/ha geerntet, damit wurde ein durchschnittlicher Ertrag erzielt.

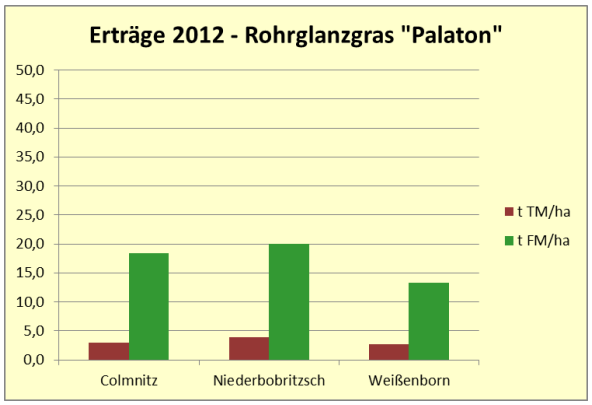


Abbildung 39 Rohrglanzgrasertrag "Palaton" in 2012

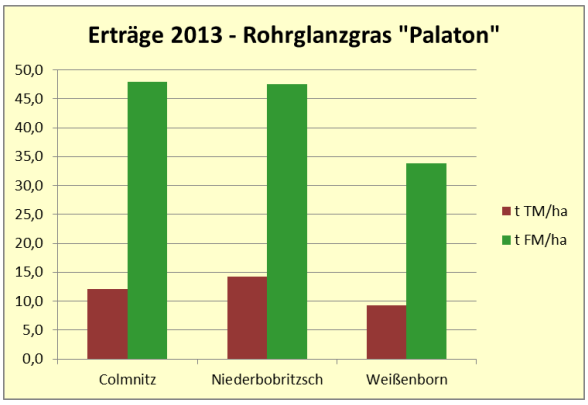


Abbildung 40 Rohrglanzgrasertrag in 2013

Eine erste wirtschaftliche Betrachtung vom Institut für Ökotoxiologie in Tschechien zeigt, dass Rohrglanzgras niedrigere Investitions- und Produktionskosten bezogen auf eine Tonne Biomasse im Vergleich zum Mais hat (Ustʼak et al. 2012). Für eine genauere Darstellung wurde die korrigierten Kosten der Silageproduktion unter Einbeziehung der Methanerzeugung (d.h. Preis des Rohstoffs Methan) sowie der Verluste durch die Silierung dargestellt, die bei Rohrglanzgras vergleichbar mit Mais sind (Ustʼak et al. 2012).

Ergebnisse Riesenweizengras

In der Agrargenossenschaft „Bergland“ Clausnitz wurde auf zwei Versuchsflächen unter Praxisbedingungen im Spätsommer 2011 und Frühjahr 2012 die Riesenweizengrassorte „Szarvasi1“ auf insgesamt 3,35 ha angebaut.

Tabelle 9 Übersicht zu "Szarvasi"-Flächen in Clausnitz

	Fläche 1	**Fläche 2**
Flächenstatus	Ackerland	Dauergrünland
Vorfrucht	Triticale	Grünland
Flächengröße	1,35 ha	2,00 ha
Saatbettvorbereitung	Stoppelbearbeitung, Scheibenegge am 28.08.2011 Mineral. Dünger am 31.8.2011	Abtötung Altnarbe (Totalherbizid) 4 x Scheiben
Saatgutmenge	30 kg/ha	30 kg/ha
Aussaattermin	01.09.2011	14.05.2012
nach Aussaat	Walze am 2.09.2011	Walze am 14.05.2012
Düngung	Mineral. Dünger am 24.03.2012, 23.06.2013	Organ. Düngung (Biogasgülle) am 31.07.2012, 16.04.2013 und 5.08.2013
Herbizideinsatz	Am 25.04.2013 gegen u.a. Vogelmiere, Ausfallgetreide	Am 09.07.2012 gegen Unkräuter

Auf der Szarvasi-Versuchsfläche 1 fand am 20. Mai 2012 ein erster Schröpfschnitt und am 23. Juni 2012 ein zweiter Schnitt statt, um das Unkraut zu minimieren und das Wachstum anzuregen. Dennoch war ein sehr lückenhafter Bestand (60 % Feldaufgang), aufgrund geringer Keimungsrate und ein hoher Unkrautdruck, vorhanden. Dadurch wurde am 25. Juli 2012 die Versuchsfläche mit einem Totalherbizid umgebrochen. Danach war kein Durchwuchs auf dieser Versuchsfläche von Szarvasi-Gras mehr vorhanden. Eine Ursache für den geringen Aufwuchs könnte durch die langsame oberirdische Jugendentwicklung des Szarvasi-Grases (in zwei Monaten ca 10 cm, aber bis zu 3 m lange Wurzel) kommen, denn es wurde vor der Aussaat gedüngt, dadurch war der Unkrautdruck sehr hoch und die Energiepflanze nicht konkurrenzfähig.

Auf der Versuchsfläche 2 wurde Szarvasi im Mai 2012 gesät, um einen optimaleren Saatzeitpunkt im Vergleich zur Fläche 1 zu identifizieren und aus ökonomischer Gründen: Je weiter die Pflanzentwicklung vor dem Winter war, umso höher ist der Ertrag im ersten Nutzungsjahr (Geißendörfer 2012c). Etwa 4 Wochen nach der Aussaat im Juni 2012 ist nur wenig Szarvasi-Gras vorhanden. Dagegen ist im Mai 2013 ca. 79 % des ausgesäten Bestandes erkennbar. Eine erste Ernte fand am 28. Juli 2013 zu einem späten Erntezeitpunkt statt, damit sich der Bestand durch Selbstaussaat weiter verdichten sollte. Anschließend wurde das Erntegut getrocknet und als Heu verwendet, da durch die späte Ernte die Qualität für die Verwertung in der Biogasanlage nicht mehr gegeben war. Die 2. Ernte erfolgte am 30.

September 2013, wurde siliert und anschließend in der Biogasanlage unproblematisch mit anderen Einsatzstoffen, aufgrund der geringen Menge, vergärt.

Juni 2012 (Fläche 2)

Mai 2013 (Fläche 2)

September 2013 (Fläche 2)

Für den 1. Schnitt wurde eine Frischmasse von 14,8 t/ha geerntet bei einer Trockenmasse von 62,5%. Die 2. Ernte ergab weitere 5,48 t FM/ha mit 38% Trockensubstanz. Dem entsprechend beträgt die gesamte geerntete Trockenmasse des Jahres 2013 11,3 t TM/ha, was noch unter durchschnittlichen Erträgen liegt. Aber unter Berücksichtigung des nicht idealen 1. Schnitttermins, des noch ungenügend dichten Bestandes sowie der Höhenlage des Standortes können die Gesamterträge als gut bezeichnet werden. Eine Aussaat im Frühsommer ist bei Szarvasi-Gras auf dem Standort für die Bestandesentwicklung zu empfehlen.

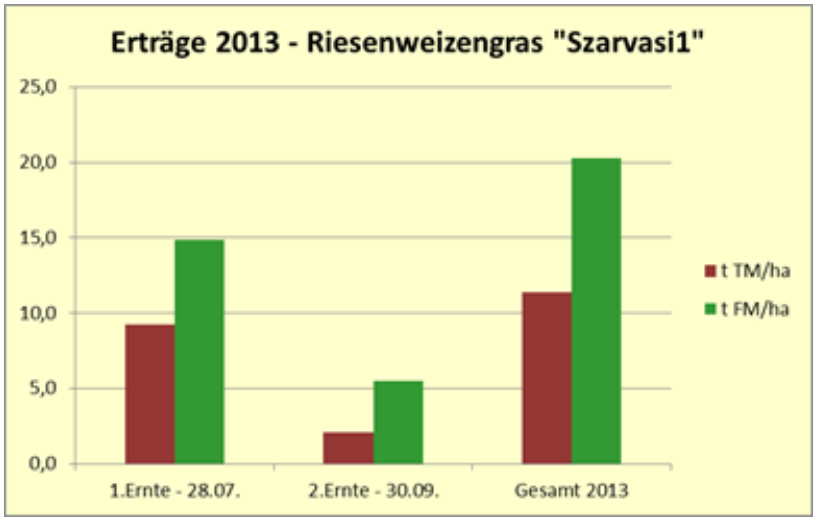


Abbildung 41 Ertrag „Szarvasi"-Gras auf Versuchsfläche 2 in Clausnitz

Eine ökonomische Analyse zum Riesenweizengrasanbau wurde bereits von anderen Instituten durchgeführt mit dem Ergebnis: aus wirtschaftlicher Sicht stellt Energiegras eine Alternative zu Silomais dar (LLA Triesdorf 2012).

Schwermetallanalyse

Die Untersuchungen zu den Elementgehalten von Schwermetallen und Arsen im Boden und in den Pflanzen erfolgten stichprobenartig, ähnlich wie sie auch in landwirtschaftlichen Betrieben durchgeführt werden. Daher können diesbezüglich keine statistisch abgesicherten Aussagen getroffen werden, was auch schon auf Grund der Versuchsanlage als Praxisversuche nicht möglich ist.

Tabelle 10 Analyseergebnisse der untersuchten Energiepflanzen - Elementgehalte in mg/kg TS

	Parzellen	Rohrglanzgras "Palaton"				Silphie	Silphie	Szarvasi
	Zeitpunkt	Mai 11	Jun 12	Jun 13	Sep 13	Herbst 2012	Herbst 2013	Jul 13
As	Colmnitz	0,18	0,18	0,18	0,362	0,47	0,307	-
	Niederbobritzsch	0,23	0,25	0,25	0,362	0,86	0,352	-
	Weißenborn	0,24	0,16	0,16	0,271	0,4	0,314	-
Cd	Colmnitz	1,34	0,09	0,09	0,099	1,16	0,253	-
	Niederbobritzsch	1,54	0,06	0,06	0,085	0,85	0,18	-
	Weißenborn	0,15	0,07	0,07	0,091	0,04	0,088	-
Pb	Colmnitz	0,18	0,31	0,31	0,398	3,12	2,178	-
	Niederbobritzsch	0,19	0,29	0,29	0,656	10,88	3,803	-
	Weißenborn	0,24	0,34	0,34	0,669	3,63	2,456	-
Zn	Colmnitz	70,2	80,9	80,94	89,01	45,9	37,57	-
	Niederbobritzsch	60,1	53,4	53,4	67,17	51,5	28,84	-
	Weißenborn	37,6	41	40,97	35,15	15,6	15,99	-
As	Clausnitz	-	-	-	-	-	-	0,08
Cd		-	-	-	-	-	-	0,1
Pb		-	-	-	-	-	-	0,75
Zn		-	-	-	-	-	-	13,1

Bei Arsen und Blei wurden für die Durchwachsene Silphie höhere Gehalte in der Pflanze bestimmt als für Rohrglanzgras. Ein Standort überschritt den Höchstgehalt für Blei als Alleinfuttermittel. Hingegen bei anderen Untersuchungen wurden für die Durchwachsene Silphie für Cadmium eher niedrigere Gehalte festgestellt (Sauer 2013) bei höheren Cadmium-Gehalten im Boden. Nur vereinzelt wurden Grenzwerte für Futtermittel bei Cadmium überschritten. Einen wesentlichen Teil zum Gesamtgehalt eines Schwermetalls in landwirtschaftlichen Produkten kann auch durch Verunreinigungen mit anhaftendem Boden verursacht werden. Diese Verunreinigungen können durch entsprechende pflanzenbauliche und technische Maßnahmen gemindert bzw. vermieden werden.

Zusammenfassung

Die Erträge auf den einzelnen Standorten werden durch die Witterung aber auch die örtlichen Gegebenheiten (u.a. Ackerzahl) beeinflusst. Um einen relativen Vergleich von den unterschiedlichen Standorten zu ermöglichen wird ein Vergleich zur Leitkultur Mais stattfinden, welcher als Standard gelten soll.

In nachfolgenden Grafiken sind die erzielten Trockenmasse- und Frischmasse-Erträge von Durchwachsener Silphie, Rohrglanzgras „Palaton“ sowie Riesenweizengras „Szarvasi1“ dargestellt:

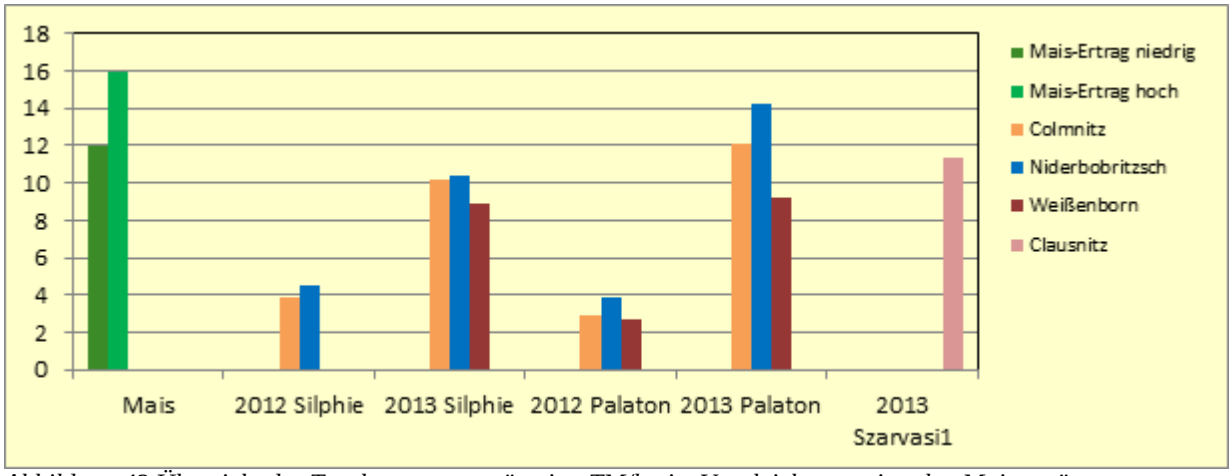


Abbildung 42 Übersicht der Trockenmasseerträge in t TM/ha im Vergleich zu regionalen Maiserträgen

In Bezug auf die Trockenmasse erzielten in den Versuchsjahren alle untersuchten Energiepflanzen ein niedrigeres Ergebnis als Mais, aufgrund von lückenhaften Beständen und den damit einhergehenden hohen Unkrautdruck bzw. einer einmaligen Ernte bei der Rohrglanzgrassorte „Palaton“. Der Szarvasi-Ertrag von Fläche 2 reicht an die niedrigen Mais-Erträge durch die zweimalige Ernte in 2013 heran. Im Erntejahr 2013 erzielten sowohl die Durchwachsene Silphie als auch das Rohrglanzgras „Palaton“ höhere Trockenmasse-Erträge auf allen Versuchsstandorten, aber erreichten nicht den Ertrag von Mais.
Zusammenfassend kann gesagt werden, dass es darauf hinweist, dass die Durchwachsene Silphie ab dem 2. Erntejahr eine im Trockenmasse- und Frischmasse-Ertrag durchaus konkurrenzfähige, wirtschaftliche Energiepflanze darstellt. Auch für Rohrglanzgras „Palaton“ kann bei einer zumindest zweifachen jährlichen Nutzung diese Aussage angenommen werden. Szarvasi-Gras sollte weiter untersucht werden, da es durchaus noch Potentiale bieten könnte, wenn pflanzenbauliche Maßnahmen zur Bestandsentwicklung noch optimiert würden und die Erntezeitpunkte besser auf die Biogas-Nutzung als Silagequalität abgestimmt wären.
Bezüglich der Schwermetallanalyse von Boden und Pflanze ist eine wissenschaftliche Aussage schwierig, weil nur Daten von zwei Standjahren vorhanden sind, die sehr differenziert sind.
Aufgrund der Mehrjährigkeit der Energiepflanzen sind wissenschaftlich fundierte Ertrags – u. Schwermetallaussagen sowie ökonomische Ergebnisse erst nach mind. 10 Anbaujahren möglich.

3.3.2 Ergebnisse auf der tschechischen Seite

Folgende innovative mehrjährige Energiepflanzen wurden im tschechischen Kadan angebaut:

- **Miscanthus** (*Miscanthus giganteus)* zur Verbrennung (3 Sorten: Miscanthus x giganteus, Miscanthus Ilka und Miscanthus Nagara)
  aufgrund der jahrzehntelangen Ergebnisse von der LfULG und der vielseitigen Nutzung (stofflich/energetisch) (Röhricht 2008)

- **Durchwachsene Silphie** (*Silphium perfoliatum*) zur Biogaserzeugung: interessante Ergebnisse (Ertrag und Methanertrag wie Mais) von Anbauversuchen der TLL und geringe Schwermetallaufnahme (Sauer 2011)
- **Rohrglanzgras** (*Phalaris arundinacae*) zur Biogaserzeugung, Verbrennung und stofflicher Nutzung(2 Sorten: kanadische Sorte „Palaton“ und tschechische Sorte „Chrastava“): jahrelange positive Erfahrungen von Anbauversuchen bei tschechischem Projektpartner (Honzik 2011)
- **Šťovík OK2** *(R. Tianschanicus x R. Patientia)* k výrobě biolpynu,spalování a jako krmivo dlouholeté zkušenosti s pěstováním u českého partnera (Usťak 2011)
- **Faserhanf** (Cannabis sativa L.): wird zur energetischen Verbrennung oder stofflichen Verwertung angebaut (Geotextilien und als Dämmmaterial) hergestellt.
- **Mais** (Zea mays L.) :Pflanze, die als Futter- und Lebensmittel verwendet wird. Verwertung zur Biogasproduktion (Mais ist Standard-Referenz) und zur stofflichen Verwertung z.B. in Kunststoffen

Zwischen den Projektpartnern fand zu Beginn ein Austausch von Saat- bzw. Pflanzgut statt: die Durchwachsene Silphie wurde dem tschechischen Projektpartner aus Deutschland zur Verfügung gestellt. Dagegen die Rohrglanzgrassorten „Chrastava“ und „Palaton“ dem deutschen Projektpartner aus der Tschechischen Republik.
Die durchwachsene Silphie und das Rohrglanzgras hatten hohe Verluste nach der Anpflanzung aufgrund von ungünstigen klimatischen und bodenkundlichen Gegebenheiten. Deshalb können keine Ergebnisse präsentiert werden.

Anbauergebnis von Rohrglanzgrassorte „Chrastava“

Die Rohrglanzgrassorte „Chrastava“ wurde vom 01.08.2011 bis 21.08.2011 auf den Versuchsflächen mit einer Aussaatstärke von 20 kg/ha gesät. Der Bestand entwickelt sich stetig: bei der Bonitur im November 2011 von 35 % Feldaufgang und einem lückigen Bestand bis zu 95 % im Mai 2012. Düngung erfolgte jeweils im Frühjahr und nach der Ernte.

Lückenloser Bestand Rohrglanzgras Chrastava Frühjahr 2012

Rohrglanzgras Sorte Chrastava auf tschechischen RekultA-Anbaufläche

Tabelle 11 Tabelle: Erträge und Stickstoffmengen bei Rohrglanzgras Sorte Chrastava

Výnosy suché biomasy v t ha^{-1} ve 4 úrovních hnojení

Chomutov					
hnojení	-	N0	N1	N2	N3
2012	-	5,54	6,45	6,98	7,66
2013	-	8,01	9,35	10,84	9,40
Průměr 2012-13	-	6,76	7,9	8,91	8,53

Poznámky: hnojení N (kg.ha-1): N0=0, N1=40, N2=80,N3=120

Anbauergebnis von Sauerampfer "OK2"

Der Sauerampfer "OK2"ist eine Kreuzung von Rumex Tianschanicus und Rumex Patientia und wird seit ca. 1998 in Tschechien angebaut. Auf der Fläche 2 wurde Rumex in Kadan auf rekultivierten Bergbaufolgeflächen ausgebracht. Die Aussaatmenge betrug 6,5 kg/ha. Die Düngung erfolgte jeweils im Frühjahr und nach der Ernte. Die Durchschnittserträge im 2. Jahr betruegen 8,7 t/ha.

Rumex auf den RekultA-Versuchsflächen in Tschechien

Anbauergebnis von Faserhanf

Faserhanf auf RekultA-Versuchsflächen in Tschechien

Der Faserhanf ist auf den rekultivierten Bergbaufolgeflächen sehr gut angewachsen und hat schnell einen geschlossenen und hohen Bestand gebildet.

Die importierten Pflanzen der Durchwachsenen Silphie und von Miscanthus sind aufgrund der Bodenbeschaffenheit der rekultivierten Bergbaufolgelandschaften nicht empfehlenswert. Rumex, Faserhanf und das Rohrglanzgras ist auf Bergbaufolgelandschaften in Tschechien empfehlenswert.
Detaillierte Ergebnisse in der Studie: Honzik et al.: Čerpání Přidané Hodnoty Pomocí Biomasy v Pánevní oblasti Severočeského Kraje, Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Závěrečná Zpráva Projektu "RekultA", Listopad 2013

3.4 Formulierung regionaler grenzüberschreitender Biomasse - Kreislaufkonzepte

Einleitung

In der von DBI-GTI mit Unterauftragnehmern verfassten Studie „Regionale Wertschöpfung durch Bioenergie – Handlungs- und Projektansätze in der Euroregion Erzgebirge“ wurden im zweiten Teil der Studie Wertschöpfungsansätze identifiziert.

Material und Methoden

Im ersten Schritt erfolgte eine Akteursanalyse in den einzelnen Branchen Land-, Forst-, und Abfallwirtschaft auf deutscher Seite der Euroregion Erzgebirge. Dabei werden potentielle Akteure als Grundlage für die Formulierung von Biomasse-Wertschöpfungsketten aufgelistet und analysiert. Die Adressen von potentiellen Akteuren wurden durch Recherche und Erstellung einer Excel-Datenbank zusammengetragen und anschließend durch telefonische Befragungen regelmäßig aktualisiert. Speziell die kommunalen Einrichtungen wurden mit

einem Fragebogen u.a. zum Wärmebedarf, kommunalen Energiekonzepten und Gewerbegebieten schriftlich befragt. Anschließend sind die Daten in einer GIS-Graphik bzw. Tabelle anschaulich dargestellt wurden.

Ergebnisse

Akteursanalyse

Im Bereich der Landwirtschaft sind zumeist, aufgrund der historischen Entwicklung in der DDR, Agrargenossenschaften vorhanden. Im betrachteten Gebiet sind 34 Agrargenossenschaften und 29 Biogasanlagen mit einer elektrischen Nennleistung zwischen 220 und 350 kW_{el} vorhanden. Die Biogasanlagen erzeugen Strom und Wärme. Deshalb erfolgte eine Wärmebedarfsanalyse des Untersuchungsgebietes auf vorhandene und potentielle Wärmeabnehmer, u.a. wurden private, kommunale, gewerbliche aber auch industrielle Wärmeabnehmer berücksichtigt. Besondere Zentren des Wärmeverbrauchs sind z.B. im Raum Freiberg, Stollberg und Annaberg-Buchholz vorhanden.

Im Bereich Forstwirtschaft ist für den erfolgreichen Aufbau und die dauerhafte Etablierung regionaler Wertschöpfungsketten vor allem eine optimal koordinierte wirtschaftliche Logistikkette notwendig. Die entsprechenden Dienstleister – Holzernte- und Transportunternehmen, Forstunternehmen mit Hacker usw. – sind daher von herausragender Bedeutung. Im Fokus der Analyse standen die folgenden Akteure: Waldbesitzende Kommunen und Dienstleistungsunternehmen aus den Bereichen Forstwirtschaft, Landwirtschaft und Baum- und Landschaftspflege inkl. Transport und Trocknung.

Nahezu jede der 77 Kommunen in der Projektregion besitzt Wald in mehr oder minder großem Umfang. Entsprechend der recherchierten Daten variiert die Größe des Kommunalwaldbesitzes von 0,3 ha bis ca. 1.250 ha. Für eine Biomasse-Wertschöpfungskette sind mehr als 100 ha kommunaler Eigenwald wirtschaftlich sinnvoll. Größte waldbesitzende Kommune ist Geyer mit 1.245 ha, gefolgt von Annaberg-Buchholz mit 1.130 ha. Freiberg 945 ha, Ehrenfriedersdorf 550 ha, Marienberg 485 ha, Scheibenberg 260ha, Stollberg 260ha, Zwönitz 170 ha, Bobritzsch 100ha und Hormersdorf 100 ha. In der Projektregion wurden 34 geeignete Dienstleistungsunternehmen aus der Forstwirtschaft, 9 landwirtschaftliche Dienstleistungsunternehmen und 14 Baum- und Landschaftspflegeunternehmen identifiziert. Es können alle Teilprozesse einer Bereitstellungskette für Waldhackschnitzel – Holzeinschlag, Rückung und Hackung – von Forstdienstleistungsunternehmen aus der Projektregion durchgeführt werden. Durch geringe KUP-Flächen und fehlende Auslastung in der Projektregion gibt es kein Dienstleistungsunternehmen, dass die erforderlichen Spezialmaschinen zur Anlage und Ernte von KUP besitzt, jedoch befindet sich ein geeignetes Unternehmen im Nachbarlandkreis. Acht Transportunternehmen übernehmen die Logistik. Die Trocknung der Hackschnitzel kann über die Abwärme der Biogasanlagen erfolgen.

Im Projektgebiet gibt es zwei öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger, die private Unternehmen in einer europaweiten Ausschreibung jahrelang mit den Entsorgungsauftrag anweisen. Bio- und Grünabfälle werden über private Entsorgungsunternehmen in Kompostier-, Vergärungs- u. Altholzverbrennungsanlagen beseitigt.

Bei der Betrachtung des Endenergieverbrauchs in Sachsen wird deutlich, dass neben dem Bereich Haushalt und Verkehr die Industrie einen erheblichen Anteil aufweist. Dies erfolgt im Zusammenhang mit der öffentlichen Hand (Landkreisverwaltung/Kommune), die insbesondere über Liegenschaften (insbes. öffentliche Gebäude) und Gewerbegebiete mit Energiebedarf verfügt. Als besonders energieintensiv gelten die folgenden Industriebereiche: Chemie, Stahl, NE-Metalle, Papier, Glas und Baustoffe. In der Projektregion sind 259 Unternehmen mit über 20 Mitarbeitern vorhanden, dabei spielen die Bereiche „Papier“ und „NE-Metalle“ eine bedeutende Rolle, dagegen Chemie und Stahl weniger. Bei der Befragung der Kommunen mittels einem Fragebogen haben von 77 Kommunen insgesamt neun Interesse bekundet. Den größten Energiebedarf hat der Freiberger Raum, d.h. das Stadtgebiet Freiberg und die Gemeinden im unmittelbaren Umfeld wie Bobritzsch/Hilbersdorf. Zahlreiche Gewerbegebiete sind nach wie vor nicht vollständig ausgelastet, so dass hier das Potential einer Neuansiedlung durchaus gegeben ist, wodurch der Energiebedarf perspektivisch steigen kann. Interessant ist weiterhin die Tatsache, dass viele Wärmeanlagen bereits 6 - 15 Jahre und älter sind, so dass bereits einige Gemeinden an Modernisierungen der Heizanlagen denken müssen bzw. sollten.

Formulierung von Projekt- u. Wertschöpfungsansätzen

Bei den Kommunen ergeben sich, nach der Fragebogenauswertung, insgesamt vier Projektansätze, die prinzipiell weiterzuverfolgen sind-. in der Gemeinde Sehmatal, Stadt Freiberg, Gemeinde Weißenborn und Gemeinde Amtsberg. Beide Wertschöpfungsketten (Energiepflanzen-Biogasanlage-Wärme&Strom-Gebäude oder Holzhackschnitzel-Heizung-Wärme-Wärmeversorgung Gebäude) sind beide erstmal prinzipiell denkbar.

Kommune	Biogas-anlage im Ort	Wärmebedarf in Mio. kWh/a	wirtschaftliches Biogaspotential halmgutartiger Biomasse und kommunaler Abfälle in Mio. kWh/a
Gemeinde Sehmatal	-	1,6	2,6
Stadt Freiberg	-	71,7	6,9
Gemeinde Weißenborn	2	2,4	1,1
Gemeinde Amtsberg	1	1,5	2,2

Abbildung 43 Vergleich den Biomassepotenzials und des Wärmebedarfs für interessierte und potentielle Kommunen für Projektansötze

Besonders die kleinen Gemeinden können ihren Wärmebedarf theoretisch durch die Abwärme von Biogasanlagen decken. Bei den Gemeinden Lichtenberg, Drebach, Leubsdorf und

Bobritzsch/Hilbersdorf sind nur wenige Energieabnehmer vorhanden, aber dennoch Investitionen und Energiekonzepte geplant. Eine Anfrage für ein Informationsgespräch sollte auf jedenfall erfolgen. Eine Schwermetallbelastung im Boden liegt bei folgenden Gemeinden vor: Gemeinde Bobritzsch, Stadt Brand-Erbisdorf und Stadt Großschirma und somit Flächen, die nicht mit der Nahrungsmittelproduktion konkurrieren. Die Agrargenossenschaften, besonders in Nieder- und Oberbobritzsch, haben ebenfalls positive Rückmeldungen und Bereitschaft gegeben.

Im Bereich der Industrie haben sich nach der Analyse drei Ansatzpunkte für Projekte ergeben:

1. DBI Power, 09599 Freiberg, Halsbrücker Straße, DBI-Technologiepark
   Projekttyp: Neuentwicklung im Bestand, Hauptadressaten: Gewerbe & Privat
2. PAMA-Park, 09599 Freiberg, Frauensteiner Straße, ehem. PAMA-Gelände,
   Projekttyp: Neuentwicklung, Hauptadressaten: Industrie (Neuansiedlung)
3. Nahwärmeversorgung Bahnhofssiedlung Klingenberg (NWBK), 01774 Klingenberg, Gewerbepark GPK (Phase-1), Projekttyp: Neuentwicklung im Bestand, Hauptadressaten: Industrie & Kommune (Wohnungen/Schulgebäude) (liegt angrenzend an die Euroregion Erzgebirge und würde aus dem Projektgebiet durch die Agrargenossenschaften in Niederbobritzsch schwermetallbelastete Biomasse beziehen).

Im Bereich der Dendromasse ergeben sich drei konkrete Projektansätze zur Verwertung von KUP-, Wald oder Landschaftspflegehackschnitzeln in Hackschnitzelheizungen zur Wärmeversorgung von kommunalen oder privaten Einrichtungen.

1. Stadt Stollberg: 260 ha Kommunalwald, Biomassepotential reicht zur Versorgung einer Kindertagesstätte, beste standörtliche Voraussetzung für KUP-Anbau, Waldhackschnitzelpotential und aus offener Landschaft vorhanden, Dienstleister vor Ort
2. Stadt Scheibenberg: 260 ha Kommunalwald, Biomassepotential reicht zur Versorgung einer Kindertagesstätte, aber kein wirtschaftlicher Anbau von KUP und Potential aus offener Landschaft gering, Potential für Waldhackschnitzeln vorhanden, relevante Dienstleister vor Ort. Angrenzende Gemeinden wie z.B. Annaberg-Buchholz, Geyer und Zwönitz können ebenso profitieren.
3. Gemeinde Bobritzsch: 100 ha Kommunalwald und 100 ha Landwirtschaftsfläche auf schwermetallbelasteten Flächen und damit beste Kombination auf Energiepflanzen und Energieholz, wirtschaftlicher KUP-Anbau möglich, Biomassepotential zur Versorgung eines Nahwärmenetzes, Dienstleister vor Ort

Im Bereich Abfall sind die Projektansätze durch die europaweiten Ausschreibungsverfahren der öffentlichen-rechtlichen Entsorgungsträger begrenzt. In Bezug auf die Verwertung von Küchen- und Grünabfällen bei privaten Entsorgern besteht jedoch Gestaltungsspielraum. Folgende Projektansätze wurden identifiziert:

1. Kompostieranlage von Fa. Schächer Recycling und Erdenwerk in Conradsdorf/ Gemeinde Halsbrücke: Aufsplittung bzw. Getrennthaltung von Bioabfällen und energie- und stoffeffiziente Verwertung der Fraktionen

2. Einbeziehung einer Kompostanlage der Fa. Becker in das Konzept „Nahwärme Burkersdorf“ durch Erweiterung des Inputspektrums durch vergärbare Bioabfälle

Zusammenfassung

In den Landkreisen Mittelsachsen und Erzgebirge bestehen seitens der Kommunen sowie in den kommunal entwickelten Gewerbestandorten durchaus ein Potential, nachwachsende Rohstoffe energetisch zur Biogasherstellung zu verwerten. Eine Energieabnahme vor allem in Form von Wärme ist dabei sowohl in kommunalen Einrichtungen (Gemeindehäuser, Schulen etc.) als auch durch Industrie und Gewerbe möglich. Besonders in Gewerbegebieten, die z.T. noch nicht voll ausgelastet sind, wäre eine Diskussion zur Nutzung regenerativer Energien für bereits angesiedelte Unternehmen aber auch für perspektivische Neuansiedlungen möglich. Hinzu kommt, dass einige bereits bestehende Energieanlagen, wobei Erdöl- und Erdgasanlagen nach wie vor dominieren, bereits mehr als 10-15 Jahre alt sind, so dass in näherer Zukunft eine Modernisierung der Wärmeanlagen zu erwarten ist. Dementsprechend bieten sich sehr gute Chancen, die Wärmeerzeugung auf regenerative Energien aus NawaRo umzustellen

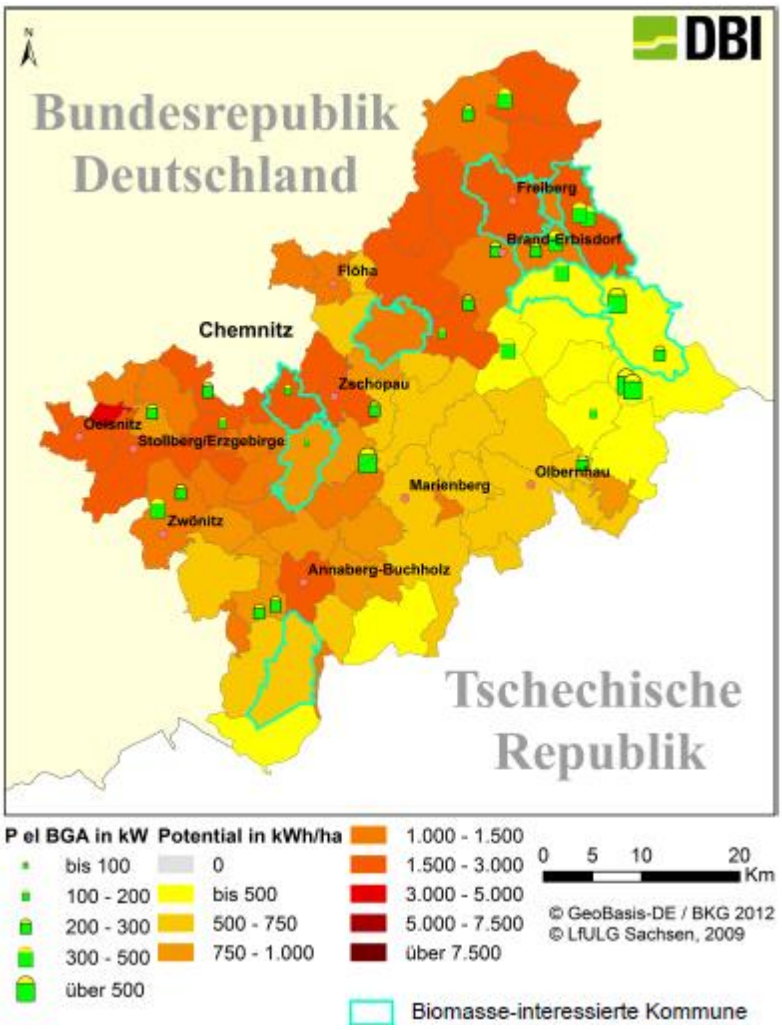


Abbildung 44 Gesamt-Biomassepotential von halmgutartiger Biomasse, Dendromasse und kommunalen Abfällen in kWh/a und Biogasanlagen in Abhängigkeit der elektrischen Leistung mit Kennzeichnung aller Biomasseinteressierten Kommunen.

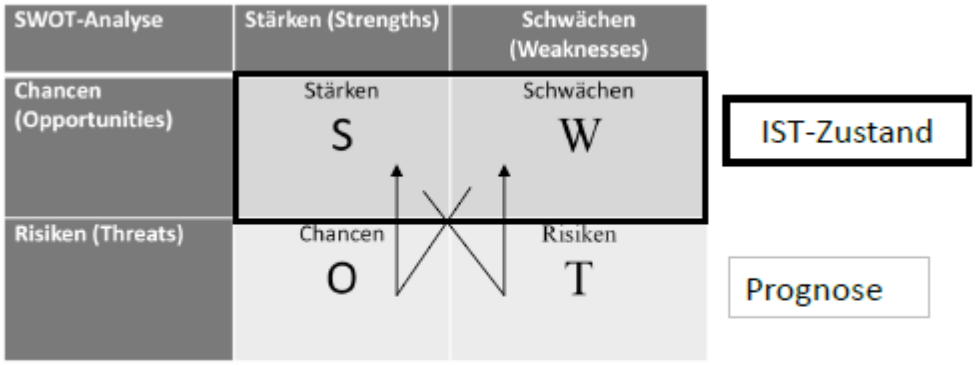
Mit der Bezeichnung „Energieoffensive Mittelsachsen 2020“, getragen von einer öffentlich-privaten Struktur, könnte ein Projektprogramm aufgelegt werden, welches im Zeitraum 2014 bis 2020 die definierten Einzelprojekte vorbereitet und im Sinne eines Projektträgers mit relevanten Fachunternehmen umsetzt.

Studie: „Grenzüberschreitende Biomassewirtschaft in der Euroregion Erzgebirge - Chancen und Risiken einer energetischen Biomasse-Wertschöpfungskette“

Die Studie „Regionale Wertschöpfung durch Biomasse- Handlungs- u. Projektansätze in der Euroregion Erzgebirge“ hatte das Ziel Projektansätze zu formulieren.

Darauf aufbauend beschäftigt sich die Studie „Grenzüberschreitende Biomassewirtschaft in der Euroregion Erzgebirge – Chancen und Risiken einer energetischen Biomasse Wertschöpfungskette“ mit den konkreten Umsetzungsprozess. Die Ziele dieser Studie sind für die beteiligten Kooperationspartner (u.a. Landwirte, Finanzinstitute, Kommunen) Analysen zur Umsetzung der bereits formulierten grenzüberschreitenden Wertschöpfungsketten durchzuführen, um frühzeitig Risiken und Fehler zu identifizieren sowie Schwächen bei der

Realisierung abzubauen und Chancen sowie Stärken zu nutzen (SWOT-Analyse), um eine Etablierung zu gewährleisten. Dies erfolgte durch Literaturanalysen sowie Gesprächen mit Fachexperten und für die Wertschöpfungskette relevante Akteuren.



Quelle: Müller 2012, S.19

Abbildung 45 Stärken-Schwächen-Chancen-Risiken-Analyse (SWOT-Analyse)

Denn speziell grenzüberschreitende Umsetzungsprojekte haben durch den höheren Organisationsaufwand, Sprachbarrieren, komplexere gesetzlichen Rahmenbedingungen und kulturelle Unterschiede ein höheres Risiko an Fehlschlägen.

Anschließend werden in einem Handlungsleitfaden Schritt für Schritt die wichtigsten Kriterien von der Idee bis zur endgültigen Etablierung der Wertschöpfungsketten als unterstützendes Methodenwerkzeug für die betreffenden Akteure erläutert.

Eine Wertschöpfungskette besteht aus einzelnen Verarbeitungsstufen (z.B. Planung, Installation, Wartung), die unmittelbar aufeinander wie Kettenglieder aufbauen. Nach jeder Stufe erhöht sich der Wert des Produktes mit dem Ziel einen Gewinn zu erzielen. Die regionale Wertschöpfung kann gesteigert werden, wenn sich die Anzahl der Kettenglieder und Gewinne/Löhne etc. erhöht, die in der Region verbleiben (Thrän et al. 2008).

Ergebnisse

Für folgende konkrete RekultA-Wertschöpfungsketten wurden jeweils eine Risiko-Chancen-Analyse und ein Handlungsleitfaden, als nützliches Hilfsmittel für eine strategische Planung und Realisierung der Wertschöpfungsketten, durchgeführt:

1. Grenzüberschreitende Zusammenarbeit zur Verwertung von Microcelluloseschlamm für die Rekultivierung von Bergbaufolgelandschaften
2. Etablierung KUP-Anlage im Raum Chomutov/CZ
3. Prüfung einer Biomasse-Nahwärmeversorgung im Ortskern und im Gewerbegebiet von Bärenstein und Vejprty
4. Biomasseanlage im Schulgut Kadan/CZ

Im Folgenden wird Wertschöpfungskette Nummer 1 genauer dargestellt, weil diese das Umsetzungsprojekt des Projektes „RekultA“ ist. Die SWOT-Analysen und Handlungsleitfäden der anderen Wertschöpfungsketten sind in der Studie zu finden.

Als Umsetzungsprojekt wurde im Projekt „RekultA“ die Wertschöpfungskette „Grenzüberschreitende Zusammenarbeit zur Verwertung von Microcelluloseschlamm für die Rekultivierung von Bergbaufolgelandschaften“, dank dieser Studie, realisiert. Derzeit hängen die regelmäßigen Fahrten an der Zustimmung der tschechischen Behörden. Eine Analyse der Schlammproben im Labor fand bereits mit positiven Ergebnis statt und eine erste Testfahrt mit dem Microcelluloseschlamm wurde am 20.03.2013 realisiert. Wenn die Genehmigung gegeben wurde, dann wird der grenzüberschreitende Transport von Microcelluloseschlamm von einer Papierfabrik im Raum Freiberg ins 60 km entfernte tschechische Bilina transportiert. Anstatt in einer Verbrennungsanlage 200 km entfernt in Leipzig entsorgt zu werden, wird der Schlamm in einer tschechischen Kompostanlage als Bodensubstrat zur Rekultivierung von Bergbaufolgelandschaften eingesetzt. Den Transport organisiert ein deutsches Unternehmen.

Tabelle 12 SWOT-Analyse der Wertschöpfungskette "Microcelluloseschlamm"

SWOT-Analyse	Stärken (Strengths)	Schwächen (Weaknesses)
Chancen (Opportunities)	• Schlamm wird nicht nur verbrannt sondern zu einer nachhaltigen und sinnvollen Nutzung aufbereitet • Kürzerer Transportweg • Viel know-How vom Aufbereitungsunternehmen vorhanden, um Klärschlamm zu Kompost zu verarbeiten • Keine zusätzlichen Investitionskosten notwendig (etablierte Technik und Kompetenz bereits vorhanden)	• Menge und Qualität des Schlammes ist abhängig von der Produktionsmenge und den produzierenden Produkt (marktabhängig, unsicherer Absatz) • Schwierige Kommunikation durch Sprachbarrieren aufgrund der deutsche und tschechische Sprache, die jedoch der Partner nicht spricht • Rechtliche Unsicherheiten
Risiken (Threats)	• Kompost kann zur Renaturierung von Bergbaufolgelandschaften und zur Steigerung der Bodenfruchtbarkeit genutzt werden (positiver Umwelteffekt) • Forschung und Entwicklung in Zusammenarbeit mit dem Institut für Ökotoxiologie in Chomutov und deutschen Forschungs-einrichtungen (Wissensaustausch) • Prüfung öffentlicher Fördermöglichkeiten	• Gefahr bzgl. keiner Einigung über den Preis • Genehmigung von deutschen und tschechischen Behörden notwendig, somit die Etablierung der Wertschöpfungskette von der Bürokratie abhängig (Zustimmung, Auflagen) • Fehlendes Vertrauen und Motivation der zuständigen Akteure und damit verbundener fehlender Führung

Auf Basis der bereits durchgeführten Risiko- und Chancenanalyse (SWOT-Analyse) wird für die betreffenden Akteure ein Handlungsleitfaden für unterschiedliche Projektansätze erstellt. Jedoch ist jede Wertschöpfungskette individuell und hat jeweils seine projektspezifischen Besonderheiten, die sich jedoch erst in der Erstellung der Projektskizze und durch die Festlegung des Standortes aus der Machbarkeitsstudie ergibt:

Potential von Rest- und Abfallstoffen nachhaltig nutzen

↓

1. Schritt Ausgangslage

Definition von Nutzen, Ziele/Visionen, involvierten Personen, Finanz-u. Fördermittel, Behörden, ggf. Anschauung von Best-practise-Beispielen und Verarbeitungsanlagen vor Ort

↓

2. Schritt Vorbereitung

In diesem Schritt werden notwendige Kriterien in einer ersten Projektskizze (IST-Analyse und Erstellung einer Grobplanung) auf Umsetzbarkeit geprüft (z.B. Kostenaufstellung, Prüfung Abfall- und Reststoffproben, Erstellung der von Rohstoffquelle bis zur –aufbereitung) und dann wird über die Fortführung des Projektes entschieden.

↓

3. Schritt IST-Analyse

Bei positivem Votum wird die Machbarkeitsstudie empfohlen, um die Kriterien von der Projektskizze zu vertiefen und eine Realisierung zu gewährleisten (d.h. Erstellung über Vorverträge zwischen den Partnern, Erste Testfahrten)

↓

3.Projektabbruch:

Gründe sind u.a. fehlendes Vertrauen zwischen den Partnern, keine Einigung über Preise, Genehmigung erweist sich als problematisch und mit unzumutbaren Auflagen verbunden, keine Wirtschaftlichkeit mehr vorhanden

↓

4. Erstellung von Etappen

Erstellung eines Terminplanes, Vorverträge mit Logistikpartnern

↓

5. Schritt Umsetzungsprozeß

Positives Votum der Behörden, Verträge abschließen, Inbetriebnahme der regelmäßigen Abholung, Transport und Aufbereitung des Abfall- und Reststoffes und Etablierung der Wertschöpfungskette

Regelmäßige Erfolgskontrollen (Vergleich zwischen geplante Fakten in der Projektskizze und den tatsächlich vorhandenen) durch einen vorher festgelegten Verantwortlichen

Quellen: (Eltrop et al. 2007, S.271 ff.), (FNR e.V. 2010, S.233 ff.)

Zusammenfassung

Die erfolgreiche Realisierung von Wertschöpfungsketten ist an jedem Standort vor allem von den Akteuren und deren Zusammenarbeit abhängig. Durch den Aufbau und Erhalt von Netzwerk- und Kooperationsstrukturen, wie z.B. durch Veranstaltungen im Rahmen des Ziel-3-Programmes, werden wichtige Grundlagen für Kontakte und Ideen geschaffen. Eine Persönlichkeit jeweils auf deutscher und tschechischer Seite, die motiviert, qualifiziert wie auch öffentlich anerkannt ist und die miteinander vertrauensvoll sowie zuverlässig arbeiten können, ist ein essentieller Grundbaustein für die Umsetzung eines Projektes. Erleichtert wird die Kommunikation, wenn mind. eine Person die jeweilige Landessprache des Partners spricht bzw. beide sehr gut Englisch

Nach der Entstehung der Idee sollte durch eine erste Projektskizze die wichtigsten Einflussfaktoren und projektspezifische Besonderheiten, welche das Projekt fördern oder hemmen können, untersucht und mehrere Lösungsvorschläge ermittelt werden. Diese Fakten sind die Entscheidungsgrundlage für die Weiterführung oder den Abbruch des Projektes. Nach Klärung der Finanzierung werden in einer Machbarkeitsstudie detailliert alle Rahmenbedingungen untersucht und erste konkrete Entscheidungen für die Umsetzung getroffen. Nach positiven Verlauf mündet diese Phase in der Organisation des konkreten Umsetzungsprozesses (Ausschreibungsverfahren, Anlagenbau und -inbetriebnahme).
Es sind noch viele Möglichkeiten und Chancen vorhanden, die zur Unterstützung der Wirtschaft, zum Ausschöpfen von vorhandenen Potential und somit zur Stärkung der Euroregion Erzgebirge genutzt werden sollten.

Interessensbekundung und Kooperationsverträge zum Aufbau von regionalen grenzüberschreitenden Biomasse-Kreislaufwirtschaft

Um regionale und grenzüberschreitende Biomasse-Wertschöpfungsketten für die Nutzung schwermetallbelasteter Böden und Bergbaufolgelandschaften zu realisieren wurden Interessensbekundung mit relevanten Akteuren unterzeichnet und Kooperationsvereinbarungen für konkrete Wertschöpfungsketten abgeschlossen. Die RekultA-Bioenergieforen 2011 in Colmnitz/Dtl., 2012 in Chomutov/CZ und 2013 in Freiberg sowie der Feldtag in 2013 auf der RekultA-Versuchsfläche in Weißenborn waren eine sehr gute Gelegenheit neue Partner kennenzulernen und sich weiter zu vernetzen.
Der Biomasse-Verein Freiberg hat mit anderen thematisch verwandten Interessensgruppen/ Verbänden/ Initiativen Kooperationsvereinbarungen abgeschlossen. Diese sind

1. Gründer - und Innovationszentrum Freiberg/Brand-Erbisdorf GmbH (GIZEF), Am St. Niclas Schacht 13, D-09599 Freiberg
2. Kompetenzzentrum Bioenergie e.V., cings center management, Hauptstr. 11A, 01920 Nebelschütz mit den Ziel eines gemeinsamen Umsetzungsprojektes
3. Ziel3-Projekt VODAMIN, Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Zur Wetterwarte 11, 01067 Dresden zum gegenseitigen Informationsaustausch über aktuelle Problematiken in Bergbaufolgelandschaften
4. Projekt Greenland, Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Referat 42: Boden, Altlasten, Halsbrücker Str. 31a, 09599 Freiberg zum Austausch von Ergebnissen der Anbauversuchen und Biomasse-Wertschöpfungsketten
5. Projekt PhytoGerm, TU Freiberg, Institut für Biowissenschaften, Arbeitsgruppe Biologie / Ökologie, Leipziger Straße 29 09596 Freiberg zum Austausch über Anbau von Rohrglanzgras zur Germaniumgewinnung

Das Institut für Pflanzenbau Prag- Außenstelle Chomutov hat folgende Kooperationsverträge auf tschechischer Seite abgeschlossen:

1. ENVIBIO – sdružení pro rozvoj technologií trvale udržitelného života, Lipská 4705, 430 03 Chomutov: Informationsaustausch und Projekte zur Problematik der Rekultivierung von Bergbaufolgelandschaften und Nutzung von Bioenergie
2. Krajská agentura pro zemědělství a venkov ústecký kraj (KAZV), Masarykova 19/257, 40010 ústí nad Labem: Informationaustausch und neue Projekte zu aktuellen Agrarpolitik und Netzwerkausbau
3. Spolek přátel Evropy o.s. (SPE) , Pod Stadionem 395, Klášterec nad Ohří: Gemeinsamer Wissenstransfer und Unterstützung über Bioenergie
4. MAS Sdružení Západní Krušnohoří (MAS SZK), SNP 144, 43144 Droužkovice: Informationaustausch und neue Projekte zu aktuellen Agrarpolitik und Netzwerkausbau
5. Chmelařský institut s.r.o. (CHI), Kadaňská 2525, 43846 žatec: Projekte über Biomasseanbau und deren Nutzung in Nordböhmen
6. Krajské informační středisko pro rozvoj zemědělství a venkova Usteckého kraje (KISúK), Dělnická 33, 434 01 Most-Velebudice: Austausch über aktuelle Chancen und Probleme zwischen der Tschechischen Republik und Deutschland sowie Netzwerkarbeit und Initiierung von Projekten
7. SERVISO o.p.s., Komenského náměstí 17, 411 15 Třebivlice: Austausch über aktuelle Probleme zwischen Deutschland und Tschechien im Bioenergie- u. Umweltbereich
8. Euroregion Krušnohoří/ Erzgebirge (EUROK), Topolová 1278, Most 43401: Austausch über aktuelle Chancen und Probleme zwischen der Tschechischen Republik und Deutschland sowie Netzwerkarbeit und Initiierung von Projekten

Auf deutscher Seite der Euroregion Erzgebirge konnten 20 Interessensbekundungen (Rohstofferzeuger, Rohstoffverwerter, Transportunternehmen, vor- und nachgelagerte Branchen) und auf tschechischer Seite 3 Interessensbekundungen, die alle Glieder einer Wertschöpfungskette darstellen, mit dem Ziel neuer Wertschöpfungsansätze mit geschlossenen Stoffkreisläufen realisiert werden. Dies sichert die nachhaltige Zusammenarbeit über den RekultA-Projektzeitraum hinaus. Diese Interessensbekundungen wurden mit folgenden Akteuren geschlossen:

Tabelle 13 Konkrete Interessensbekundungen zu RekultA-Werschöpfungsketten

Nr	Wertschöpfungsansatz	Akteure/Partner
Wertschöpfungskette „Energieholz von schwermetallbelasteten Flächen“		
1.	Anbau von Kurzumtriebsplantagen (KUP) und Vertrieb von Weidenklonen	IB Biomasse Consulting
2.	Transport von Holzhackschnitzeln aus Waldrestholz und Kurzumtriebsplantagen	ETR G. Kaden – Entsorgungstechnik und Rohstoffhandel, Reiner Dietz Containerdienst, Fehr, Autodoprava Chomutov, Uhlmann & Finke GmbH,

3.	Abnahme von untergrenzwertig belasteten KUP-Holzhackschnitzel	Saxholz
4.	Planung und Bau von Holzgas-BHKW für Gewerbe-gebiete, Schwimmbäder und kommunalen Einrichtungen	Ligento-greenpower
Wertschöpfungskette „Energiepflanzen von kontaminierten Flächen zur Biogaserzeugung		
5.	Anbau und Verwertung von innovativen und mehrjährigen Energiepflanzen (RekultA-Anbauversuche) in und bestehende und geplante Biogasanlagen	Agrargenossenschaft „Bergland“ Clausnitz, Schweineproduktion Burkersdorf
6.	Planung, Bau und Betrieb von Biogasanlagen z.B. im Schulgut Kadan/CZ	Planungsbüro Ratzka
7.	mobile Wärmespeicherung in Container zur Speicherung von z.B. überschüssige Biogasanlagen-Abwärme betreibt	La Therm
Wertschöpfungskette „Abfälle“ (z.B. wenn Grenzwerte von Pflanzen überschritten werden)		
8.	Transport von Microcelloluseschlamm von Deutschland (Freiberg) nach Tschechien (Bilina) zur Aufbereitung zu Kompost für rekultivierte Bergbaufolgelandschaften	Abfall Rohstoff Management GmbH & Co KG
9.	Verwertung von Biomasse, die über den gesetzlichen Grenzwerten ist, als Abfall	Světlana Raabová, UHC-Umweltconsulting Hagedorn
10.	Analytik von Biomasseproben auf deren Belastung mit Schwermetallen und Arsen	Eurofins Umelt Ost GmbH
Wertschöpfungskette „stofflich Nutzung		
11.	Verwertung Ölhaltiger Samen oder Pflanzenfasern in der Polymerchemie oder andere stoffliche Nutzungswege	Fa. SachsenLeinen GmbH
Wertschöpfungsketten übergreifend		
12.	Umsetzung der eruierten Projektansätze aus der Studie „Regionale Wertschöpfung durch Bioenergie-Handlungs- u. Projektansätze in der Euroregion Erzgebirge“	Ing.-Büro BIWA-Consult, Saxonia, DBI-GUT, OGF, ENVICHO spol.sr.o. in Chomutov
13.	Consulting: Erstellung und Umsetzung von Energiekonzepten in Kommunen und Industrie sowie Netzwerkarbeit „Bioenergienetzwerk Sachsen 2.0“	Faktor i³

Die Initiierung grenzüberschreitender Wertschöpfungsketten beschränkt sich zunächst auf die Bereiche Planung und Transport. Mit dem Biomasse-Marktplatz (Link: http://www.rekulta.org/marktplatz.html) soll der Handel mit Biomasse zwischen den Grenzregionen des Erzgebirges belebt werden, so dass Biomasse aus den Bereichen Landwirtschaft, Forst und Rekultivierung stets dort bezogen werden kann, wo sie überschüssig und günstig zu erwerben ist.

Durch die „Energieoffensive Mittelsachsen“ sollen die Projektansätze in einer öffentlich-privaten Struktur umgesetzt werden. Dies ist jedoch auch von den politischen Rahmenbedingungen (Novellierung EEG 2014 bzw. Förderhöhe, Dauer und Auflagen der Genehmigungsverfahren) in Deutschland sowie der Tschechischen Republik und damit verbundener Wirtschaftlichkeit des Projektes abhängig

3.5 Gesamtbewertung und Schlußfolgerung

Im Folgende eine kurze Zusammenfassung der quantitativen und qualitativen Projektergebnisse:

5-a Entwicklung von Strategien zur energetischen Verwertung der erzeugten Biomasse

Strategien zur Verwertung von Energiepflanzen, Holz aus Kurzumtriebsplantagen und Abfällen wurden durch verschiedene Studien (z.B. „Regionale Wertschöpfung durch Bioenergie-Handlungs- und Projektansätze in der Euroregion Erzgebirge“, „Grenzüberschreitende Biomassewirtschaft in der Euroregion Erzgebirge - Chancen und Risiken einer energetischen Biomasse-Wertschöpfungskette“) im Kapitel 3.4. aufgezeigt. In Form einer Biomasse- u. Akteurspotentialanalyse in der Euroregion Erzgebirge sind Angebots- und Nachfragestrukturen, die regionalen Bevölkerungsentwicklung (insbesondere beim Abfallpotential) durchgeführt worden. Darauf aufbauend konnten für formulierte Wertschöpfungsketten Standortanalysen- und Technologiekonzepte und Konflikt- und Risikoanalysen durchgeführt werden.

5-b Reisen zu in- und / oder ausländischen Bioenergieregionen mit beispielhafter Demonstration der Verwertung von Energieholz und –Fruchtfolgen

Die Projektreisen (z.B. nach Cottbus, Italien, Österreich) wurden nicht durchgeführt, weil Reisen außerhalb des Fördergebietes nur als Ausgabe anerkannt werden, wenn ein Mehrnutzen für das Fördergebiet entsteht. Dies war nicht der Fall, somit sind keine Reisen unternommen wurden.

5-c Formulierung regionaler grenzüberschreitender A-Z Biomasse-Wertschöpfungsketten

In den Studien „Regionale Wertschöpfung durch Bioenergie- Handlungs- u. Projektansätze in der Euroregion Erzgebirge“ und „Grenzüberschreitende Biomassewirtschaft in der Euroregion Erzgebirge - Chancen und Risiken einer energetischen Biomasse-Wertschöpfungskette“ sind mehrere Biomasse-Wertschöpfungsketten in der Euroregion Erzgebirge formuliert wurden. Weiterhin haben die RekultA-Projektmitarbeiter durch Netzwerktreffen und eigene Veranstaltungen (z.B. RekultA-Bioenergieforum 2011-2013 und Feldtag) potentielle Akteure für Wertschöpfungsketten identifizieren und 23 Interessensbekundungen auf deutscher und tschechischer Seite für die Wertschöpfungsketten „Energieholz“, „Energiepflanzen zur Biogaserzeugung“ und „Abfall“ abschließen können.

5-d Formulierung von Demonstrationsvorhaben auf großflächig schwermetallbelasteten landwirtschaftlich genutzten Arealen und / oder Bergbaufolgelandschaften

Auf deutscher Seite wurden in Weißenborn, Niederbobritzsch, Colmnitz und Clausnitz Versuchsflächen mit innovativen mehrjährigen Energiepflanzen (Durchwachsener Silphie,

Miscanthus, Rohrglanzgras und Riesenweizengras) angelegt und wissenschaftlich begleitet (siehe Kapitel 3.3). Auf tschechischer Seite sind im Schulgut Kadan RekultA-Versuchsflächen angelegt wurden mit den innovativen Energiepflanzen Silphie, Miscanthus, Rumex, Rohrglanzgras, Mais und Hanf.

6-a Unterzeichnung von Interessenbekundungen von 40 Akteuren (Rohstofferzeuger, Rohstoffverwerter, vor- und nachgelagerte Branchen) zur regionalen Zusammenarbeit mit dem Ziel der Integration neuer regionaler Wertschöpfungsketten mit geschlossenen Stoffkreisläufen in die bestehende Wirtschaftsstruktur.

Auf deutscher und tschechischer Seite konnten insgesamt 23 potentielle Akteure für Interessensbekundungen in Bezug auf die formulierten Wertschöpfungsketten „Abfall“, „Energieholz“ und „Energiepflanzen zur Biogasgewinnung“ gewonnen werden. Somit sind die Ziele von dem Projekt „RekultA“ erreicht wurden. Eine Umsetzung der Projekte, was nicht mehr ein Ziel von „RekultA“ war, ist in einem öffentlich-privaten Zusammenschluß – der „Energieoffensive Mittelsachsen“- geplant.

6-b Stärkung der Netzwerkstrukturen auf deutscher und tschechischer Seite durch Werbung von 20 neuen Mitgliedern (10 Mitglieder für den Biomasse-Verein Freiberg und 10 Mitglieder für das Bioethanolnetzwerk Nordböhmen)

Das Bioethanolnetzwerk Nordböhmen wurde aufgelöst, deshalb konnten keine neuen Mitglieder gewonnen werden.
Der Biomasse-Verein Freiberg hat in dem Projektzeitraum 12 neue Mitglieder gewonnen und eine Mitgliederzahl von 43 erreicht. Das Ergebnis ist für den Verein sehr zufriedenstellend, weil es eine begrenzte Zahl von Akteuren im Bioenergiebereich im Raum Freiberg gibt und relevante Personen bereits seit Jahren Mitglieder sind.

6-c Abschluss von 1 gegenseitigen Kooperationsvereinbarung (Biomasse-Verein Freiberg und Bioethanolnetzwerk Nordböhmen) und der Biomasse-Verein sowie das Bioethanolnetzwerk Nordböhmen schliessen ihrerseits mit jeweils 5 weiteren thematisch verwandten regionalen Interessengruppen / Verbänden / Initiativen Kooperationsvereinbarungen
Durch die Auflösung des Bioethanolnetzwerk Nordböhmen konnten vom Biomasse-Verein Freiberg keine Kooperationsvereinbarung mit dem Bioethanolnetzwerk geschlossen werden.
Weitere fünf Kooperationsvereinbarungen wurden auf deutscher Seite mit thematisch verwandten regionalen Zusammenschlüssen geschlossen. Auf tschechischer Seite hat unser tschechischer Kooperationspartner – das Institut für Pflanzenbau Prag/Außenstelle Chomutov, insgesamt 8 Kooperationsverträge mit Partner abgeschlossen.

6-d Formulierung von 1 konkreten grenzüberschreitenden Umsetzungsprojekt

Im Projekt „RekultA“ befindet sich der Projektansatz „grenzüberschreitende Zusammenarbeit zur Verwertung von Microcelluloseschlamm für die Rekultivierung von Bergbaufolgelandschaften“ bereits im Umsetzungsprozess. Seit Jahren wurde der Microcelluloseschlamm auf einer Papierfabrik aus dem Raum Freiberg von einem Logistikunternehmen in eine 200 km entfernte Verbrennungsanlage nach Leipzig ohne Verwertung der Schlämme als organischer Wertstoff gebracht. Organisiert wurde dieser Transport von einem im Freiberg ansässigen Abfall-Ingenieurbüro, welche mit der Entsorgung von der Papierfabrik beauftragt wurde. Nun wird der Schlamm nach Bilina/CZ (entfernung: 60 km) in einer Kompostanlage zu einem Bodensubstrat zum Zwecke der Bodenverbesserung der rekultivierten Bergbaufolgeflächen in der Region Chomutov aufbereitet werden. Diese Verfahrensweise spart, aufgrund der kürzeren Fahrstrecke, Treibhausgasemissionen und sorgt für eine sinnvolle Wiederverwertung des Schlammes als Wertstoff. Aufgrund der gleichen Ziele der beteiligten Unternehmen und dem Projekt RekultA wurde eine engere Kooperation zum Aufbau einer Wertschöpfungskette angestrebt. Die Mitarbeiter des Projektes „RekultA“ initiierten die Idee und organisierten die Kontaktaufnahmen und den transparenten Informationsaustausch zwischen den relevanten Akteuren (deutsches Abfallingenieurbüro und Logistikunternehmen, tschechischer Anlagenbetreiber und Endverbraucher) durch Treffen und stetige Kommunikation mit dem Ziel die Wertschöpfungskette zu etablieren.

Derzeit hängen die regelmäßigen Fahrten an der Zustimmung der tschechischen Behörden. Eine Analyse der Schlammproben im Labor fand bereits mit positiven Ergebnis statt und eine erste Testfahrt mit dem Microcelluloseschlamm wurde am 20.03.2013 realisiert. Wenn die Genehmigung gegeben wurde, dann kann ein regelmäßiger grenzüberschreitender Transport von Microcelluloseschlamm aus dem Raum Freiberg nach Bilina stattfinden.

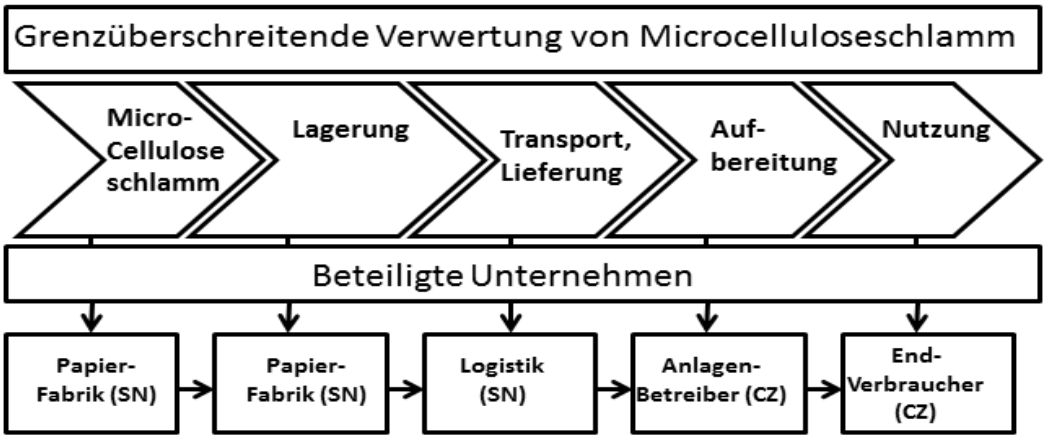


Abbildung 46 Darstellung der RekultA-Wertschöpfungskette "Microcelluloseschlamm"

4 EDKY PROJEKTU V ČESKÉM JAZYCE / PROJEKTERGEBNISSE IN TSCHECHISCHER SPRACHE

4.1 Vědecká analýza primární a sekundární literatury pro pěstování obnovitelných surovin na těžkými kovy kontaminovaných areálech regionu Freiberg a post-těžebním území v regionu Chomutov.

4.1.1 Výsledky na německé straně

Úvod

Oblast Krušných hor byla po stovky let ovlivňována a vytvářena těžebním průmyslem. Důsledek tohoto dlouhého ovlivňování jsou patrné jak na německé tak české straně projevují se zde masivní změny ve vlastnostech půd a krajiny. V regionu Freiberg došlo kromě vedle regionálně specifikovaných geogenních zátěží i k velké akumulaci těžkých kovů v ornici způsobených těžbou. Oblast kolem Chomutova je ovlivňována silným vlivem povrchové těžební činnosti, která způsobila ve velkém měřítku devastaci krajiny. Tato specifická situace činí potřebnou diskusi a vypracování jednotného přístupu k udržitelnému využívání takto ovlivněných území.

Pro výrobu potravin a krmiv, mohou výše uvedená ovlivnění území znamenat i agronomický problém. Jsou-li překročeny mezní hodnoty povolených koncentrací v potravinách a krmivech musí zemědělci deklarovat své produkty jako odpad. Výsledkem jsou vysoké ekonomické ztráty. Jako příležitost a alternativa pro zemědělství i pro místní energetickou produkci se nabízí výroba a využití obnovitelných zdrojů pro získávání energie. Výroba energie z obnovitelných zdrojů je závislá na přítomnosti velkých ploch, které nekonkurujívýrobě potravin. Velkoplošně kontaminovanáúzemí proto nabízí dobré předpoklady.

Materiály a metody

S ohledem na současnou regionální situaci, umístění stanovišť alternativních systémů obhospodařování půdy, má být poskytnut přehled tematicky odpovídajících v posledních letech vydaných publikací. Zaměření analýzy literatury týkající se pěstování obnovitelných surovin spočívalo na následujícímvýběru: plodina, odrůda, střídání plodin, pěstování, hnojení, metody kultivace, absorpce vody, akumulace těžkých kovů, právní předpisy a ekonomika.

K zachycení všech důležitých vědeckých publikací proběhla nejprve systematická literární rešerše. Složitost problematiky vyžadovala přiměřené ohraničení počtu publikací v souladu s konkrétními regionálními podmínkami. Zejména byl kladen důraz na aktuálnost publikace, regionální platnost a podobně stanovené vědecké hypotézy. Využité zdroje jsou uvedeny v příloze. Poté byla u této literatury provedena primární analýza (počáteční hodnocení publikace) a sekundární analýza (opětovné hodnocení podle změněného výzkumného cíle).

Zejména byly v detailu sledovány publikace zabývající se půdami kontaminovanými těžkými kovy. Současný stav post-těžební krajiny byl popsán v obecné úrovni, komplexní popis bude uveden v samostatné studiizpracované Výzkumným ústavem rostlinné výroby v Praze, v.v.i., pobočka Chomutov projektovým partneremprojektu RekultA (Studie „Honzik et al.: Čerpání Přidané Hodnoty Pomocí Biomasy v Pánevní oblasti Severočeského Kraje, Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Závěrečná Zpráva Projektu "RekultA", Listopad 2013).. Hodnocení těžkých kovů se týká především kadmia a olova, které jsou často společně s arsenemhodnoceny nejčastěji a slouží často jako etalon pro odvození referenčních a kontrolních hodnot. Další environmentálně významné těžké kovy jako rtuť, zinek a měď jsouv provedené analýze zohledněny.

Výsledky

Pro agronomicky a ekonomicky efektivní využití půdy jsou v oblasti Freiberg relativně dobré až velmi dobré podmínky. Půdy jsou vhodné jak pro ornou půdu i jako trvalé travní porosty, mají vysokou polní kapacitu, stejně jako dobrá čísla hodnot pozemku. Je realizována produkce potravinářských komodit, produkce krmiv i produkce obnovitelných zdrojů s přihlédnutím k dodržení limitů pro znečišťující látky v produktech (Saxonia 2010).
Následující obrázek ukazuje regionálních oblasti v Sasku, které jsou ovlivněny zvýšenou akumulací těžkých kovů, které se převážně nacházejí v údolních nivách záplavových územích a těžebních prostorech. Potenciál znečišťující životní prostředí je dán především zvýšenou hladinou těchto prvků olovo, kadmium, uran a arsen.

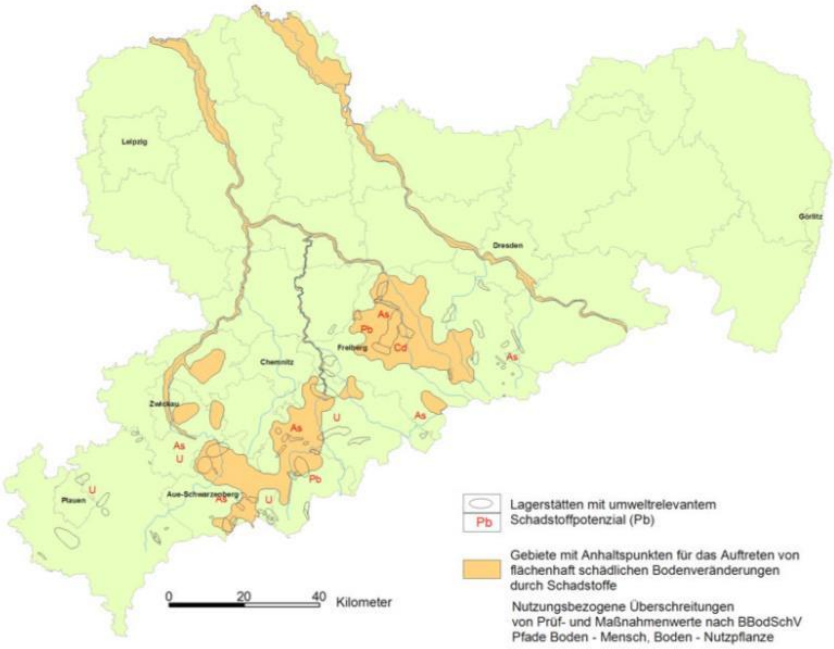


Abbildung 47 / Zobrazení: Zatížení těžkými kovy v Sasku (Klose 2006)

Nutzung	Maßnahmenwert BBodSchV	Überschreitung in ha	Überschreitung in %
Grünland	As > 50 mg/kg	47.000	20
Acker	Cd > 40 µg/kg	31.000	4,1
	Cd > 100 µg/kg	13.000	1,7

Abbildung 48 / Zobrazení: Překročení limitních hodnot pro TTP a OP v Sasku (Rank a Kardel 2007)

Ve Freiberské správní oblasti Saského státního úřadu pro životní prostředí, zemědělství a geologii je přibližně 10000 ha kontaminováno arsenem a těžkými kovy z nichž čtyři oblasti jsou hodnoceny jako oblasti s nejvyšším zatížením (BK 4) (celkem 17,7 km ²), zde se vyskytuje 696 ha zemědělské půdy (z toho 489 ha orné půdy s převážně dobrým výnosovým potenciálem a 207 ha luk a pastvin). To postihuje přibližně 25-30 firem (obchodní farmy, farmy na částečný úvazek i právnické osoby) (Kiesewalter a Röhricht 2008). Mezi nejčastěji pěstované plodiny, počínaje největší výměrou patří, ozimé řepky, krmné plodiny, pšenice, ozimý ječmen, jarní ječmen, kukuřice na siláž, triticale, jetele, trávy a jetelotrávy (Saxonia 2010).

Díky překročení kontrolních a limitních hodnot spolkových norem pro ochranu půdy a starých zátěží (BbodSchV) v hlavních zátěžových zónách existuje riziko, že budou pro výrobu komodit využívány orné půdy respektive TTP, které nevyhovují požadavkům pro kontrolu potravin a krmiv. Vzhledem k několika právním předpisům, vznikají zemědělcům právní a ekonomická rizika. Mimo jiné byl v tomto kontextu územním ředitelstvím v Chemnitz, navržen územní plán využití území pro "území Freiberg". Územní plán využití územíse týká velkých územíkontaminovaných znečišťujícími látkami, pro která mohou být v Německu přijata dle §

21 odst. 3 BBodSchG zvláštní opatření. Tato právní úprava je rovněž zakotvena v zákoně ochraně saské půdy a legislativě o odpadech (§ 8 SÄCHSABG). Na tomto základě mohou být prováděna opatření upravující využití území.

"Územní plán využití území, Freiberg," byl vydán po několika letech plánování a diskusí dne 10. května 2011 jako právní předpis. Jeho účelem je ochrana a sanace půdy, preventivní opatření pro ochranu lidského zdraví a prevence závažných nežádoucích účinků na ekosystém (Schürer, 2011).
Pro zemědělce je v těchto předpisech zakotvena zvláštní odpovědnost vůči spotřebiteli v důsledku rozsáhlé vysoké hladině As, Pb a Cd v půdě. Zemědělec musí zajistit na vlastní odpovědnost, že nejsou žádné kontaminované potraviny a / nebo krmivo, uvedeny na trh (Schürer 2010). Jedním ze způsobů jak to zabezpečitje analýza sklizených produktů. Při rozhodování o tom, zda a které parametry mají být v plodině zkoumány má pomoci vytvářená kategorizace ploch s rozdělením do podoblastí s překročenými referenčními hodnotamirizikových prvků v půdě jako základ nařízení. Pro zemědělce to znamená, že bude znát u potravin a krmiv pěstovaných na kontaminované výměře konkrétní informace o tom, zda a jak vysoká výměra jeho půdy je kontaminována, jaká opatření musí být zahájena, například, výběr odrůd, způsob obhospodařování, předběžné analýzy těžkých kovů (např. As, Cd případně žádné). Předpokládá se, že pokud obsah těžkých kovů (Pb, Cd, As) nebude v ornici překročen, pak se má za to, že není překročena maximální výše limitů stanovených VO (EG) 1881/2006, pro potraviny a krmiva a jsou tak dodrženy platné předpisy pro krmiva a potraviny.

Tabelle 14 / Tabulka : Význam škodlivých prvků a v potravinách a krmivech v Sasku (Klose 2006)

Element	Bedeutung für Landwirtschaft in Sachsen	Bemerkungen
Arsen	• sehr niedriger Grenzwert für Futtermittelausgangsstoffe (2 mg/kg TM) • **große Flächen (Auen, Erzgebirge) mit erheblichen Problemen bei der Futtermittelproduktion** • für Lebensmittel kein Grenzwert	• mittlere systemische Aufnahme (d.h. durch die Wurzel) • bei Futtermitteln Verschmutzung durch anhaftenden Boden
Cadmium	• Grenzwerte für Futtermittelausgangsstoffe und Lebensmittel können erreicht werden • Probleme besonders bei Brotgetreide (Weizen, Roggen)	• leichte systemische Aufnahme • bei Futtermitteln Verschmutzung durch anhaftenden Boden
Blei	• hoher Grenzwert für Grünfutter (40 mg/kg TM) wird kaum erreicht • im Verhältnis zum Vorkommen im Boden sehr niedrige Grenzwerte für Lebensmittel	• kaum systemische Aufnahme • bei Futtermitteln Verschmutzung durch anhaftenden Boden
Quecksilber	• Grenzwert für Futtermittelausgangsstoffe (0,10 mg/kg TM) wird selten erreicht • spielt für die Landwirtschaft in Sachsen keine Rolle	• kaum systemische Aufnahme • bei Futtermitteln Verschmutzung durch anhaftenden Boden

Pěstování zemědělských plodin na těžkými kovy kontaminované půdě

Některé těžké kovy, jako je například železo, mangan, zinek, měď, patří k nepostradatelným rostlinným živinám tzv stopovým prvkům. Ve vyšších koncentracích se stávají pro rostlinu toxické. Mezi rizikové těžké kovy v půdě patří olovo, kadmium, zinek, měď, chrom, nikl, rtuť.

Těžké kovy se mohou do rostliny dostat mnoha způsoby příjmem z půdy, spolu s vodou, přes vzduch nebo prašnými aerosoly z povrchu rostliny.
Dlouho předtím, než působením těžkých kovů dojde k poruchám růstu, mohou být rostliny kontaminovány tak, že nejsou díky zvýšené hladině těžkých kovů vhodné pro výrobu potravin nebo krmné účely. To platí zejména pro kadmium. Příjem těžkých kovů rostlinami závisí na mnoha faktorech. Patří k nim, mimo jiné, forma těžkých kovů v půdě, druh rostliny a povětrnostní podmínky během vegetačního období (Saxonia 2010). Rychlost příjmu těžkých kovů rostlinou stoupá v zásadě s koncentrací těžkých kovů v půdě, ale nezávisí najejich celkové koncentraci v půdě, ale pro jejich příjem kořeny rostlin nebo půdními organizmy je spíše rozhodující jejich chemické složení. Nejdůležitějším faktorem, který ovlivňuje přístupnost těžkých kovů je hodnota pH půdy - čím nižší je pH, tím vyšší je pro většinu těžkých kovů jejich dostupnost. Jedná se o podíl těžkých kovů, které mohou být začleněny do půdy rostlin. Inkorporace těžkých kovů do různých částí rostliny se liší. Kořeny akumulují více těžkých kovů než nadzemní části rostlin stonek a listy, které akumulují, ale víc těžkých kovů než semena. Kadmium a zinek jsou několikráte mobilnější než například olovo. Další půdní faktory, jako obsah jílovitých částic, obsah písku nebo obsah humusu má rovněž vliv na mobilitu látek (Klose 2006). Na již kontaminovaných půdáchlze příjem těžkých kovů snížit mimo jiné, zvýšením pH aplikací vápna. K energetickému využití je známa celá řada vhodných rostlinných druhů (FNR LfULG 2012):

- řepka pro výrobu bionafty,
- kukuřičná siláž pro výrobu bioplynu,
- aktuální víceleté energetické plodiny mužák prorostlý, chrastice rákosovitá, "Szarvasi 1", Sida, energetický šťovík, miscanthus, IGNISCUM,
- trávy včetně obilovin a pícnin například kostřavy, krmné plodiny a jejich směsky rostliny pro vlákna, olejniny, plodiny pěstované k výrobě cukr a škrobu jsou využívány k výrobě bioplynu a v menší míře pak spalovány,
- dřevo z rychle rostoucích porostů, péče o krajinu a zbytků z lesnictví může být využito ke spalování,
- směsi divokých rostlin (např. projekt "Barva do pole"), směsi kvetoucích rostlin, meziplodiny a podsevy mohou být rovněž využity pro výrobu bioplynu

V Sasku existuje řada publikací, které se zabývají příjmem těžkých kovů a arsenu do různých obilovin a trvalých travních porostů. Zvláště je třeba vyzdvihnout práce LfULG a BfUL (Klose 1998, 2006, 2012 a Serfling a Klose 2008 Kiesewalther a Röricht 2008 Röricht et al., 2011). Mezi další tematicky podobné projekty patří v Německu SUMATEC (Sumantecs 2008), "Bio-energetické strategie pro kontaminovaná místa" (Sauer 2011), "Energetický les Lauchhammer" (FIB 2009), LÖBESTEIN (Frommhagen et al 2013) a "La Terra" (Haubold-Rosar et al., 2011).
Na Georg-August-Universität v Göttingenu jsou zkoumány a zpracovávány bioenergetické konceptyzemědělského využití kontaminovaných lokalit. Následující obrázek poskytuje

představu, jak různý je příjem kadmia v různých plodinách a odrůdách (Sauer 2011). Například, podstatně vyšší příjem kadmia byl zjištěn u slunečnice než u mužáku. Rovněž je třeba poznamenat, že existují značné odrůdové rozdíly v příjmu těžkých kovů (Sauer et al., 2011).

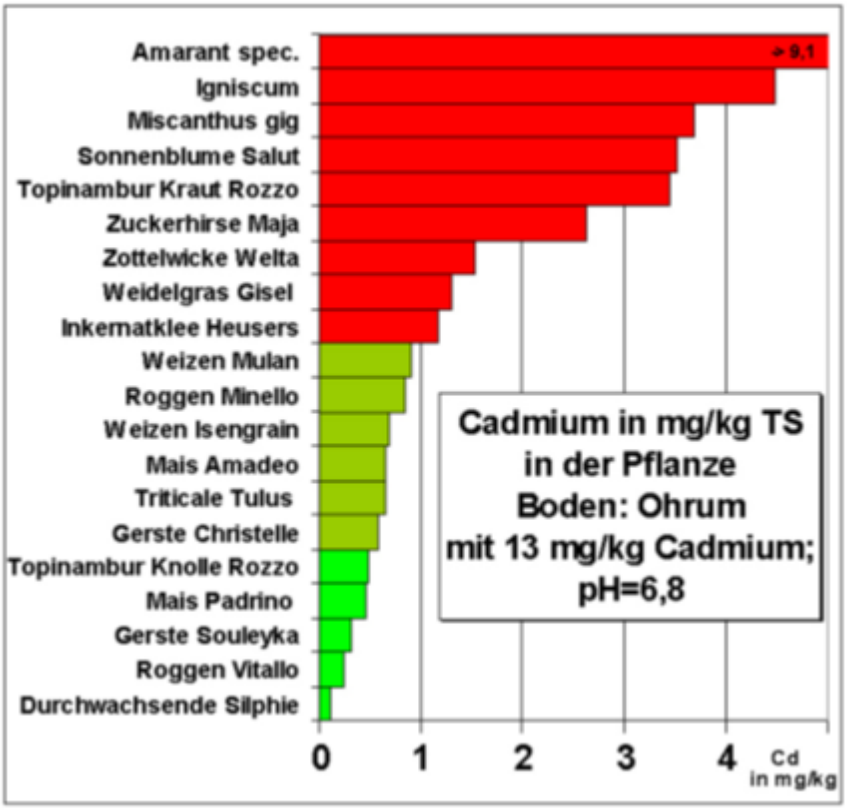


Abbildung 49 / Zobrazení: Obsahy kadmia v různých kulturách (Sauer et al. 2011)

Také byl testován příjem rizikových prvků rychle rostoucími dřevinami na pokusných plochách v okolí Freibergu (Kiesewalter a Röhricht 2008). Pokusná plocha se nachází v Krummenhennersdorf u Freibergu. Zde se jedná o cca 2 ha pokusnou a demonstrační plochu s osmi různými klony topolů a vrb. Živiny, stejně jako rizikové prvky byly hromaděny hlavně v listové hmotě. Příjem kadmia byla větší než akumulace arsenu a olova. Odrůdy vrb přijímají v prvních dvou letech více rizikových látek než než stejně staré topoly (Röhricht et al., 2011).
V případě nutnosti sledování příjmu arzénu a těžkých kovů z hlediska výběru rostlin, je třeba dodržovat následující doporučení (Saxonia, 2010):

- Prioritní znečišťující látkou je kadmium. Vzhledem ke své mobilitě je silně přijímáno rostlinami. Zejména ozimá pšenice akumuluje vyšší měrou kadmiu. Tritikale a ozimé žito akumulují méně kadmia než pšenice.
- Sláma obecně obsahuje více znečišťujících látek než zrna obilovin.
- Byliny přijímají více škodlivin než trávy. Proto by neměly být kontaminované TTP řízeny jako extenzivní (vyšší množství bylin), ale jako intenzivní s několikanásobnou sečí. V krmivech by měl být stanovován především obsah kadmia a arsenu, obsah olova nebývá díky jeho nižší mobilitě vysoký.

- Topoly a hlavně vrby přijímají více kadmia než obiloviny sklizené jako celé rostliny. Těžké kovy a arzén jsou koncentrovány především v listech

Kromě příjmu rizikových látek do rostliny hraje při kontaminaci rovněž roli znečištění způsobené nesprávným provedením sklizně (Saxonia 2010).

Energetické využití kontaminované biomasy s obsahem těžkých kovů

Ve studiích, které se zabývají pěstováním zemědělských plodin na plochách znečištěných těžkými kovy, často se navrhuje alternativní využití včetně energetického, jsou-li v rostlinách překročeny limitní hodnoty obsahu rizikových látek platné pro potraviny nebo krmiva. Energetické využití obnovitelných surovin se týká oblastí:

- Výroba bioplynu pro získávání energie a tepla,
- výroba bioplynu jako produktu / napájení do sítě zemního plynu,
- spalování biomasy pro výrobu tepla a elektrické energie,
- výroba bioetanolu jako paliva,
- extrakce rostlinných olejů.

V zařízeních na výrobu bioplynu a v zařízeních pro spalování byly studovány možné účinky těžkých kovů.

Kiesewalter und Röhricht (2008) v této souvislosti popsal pokusy, pří nichž nedocházelo k ovlivnění tvorby bioplynu a jeho jakosti v kontinuálním i diskontinuálním provozu při zplynování siláže z TTP, siláže z celých rostlin žita a žitného šrotu kontaminovaného těžkými kovy a arzénem. Těžké kovy, arzén i ostatní minerální látky zůstaly všechny obsaženy v digestátu po výrobě bioplynu. Pří aplikaci digestátu jako hnojiva pro vlastní potřebu respektive na kontaminované plochy lze použít i materiál se zvýšeným obsahem rizikových látek. Veškeré živiny, ale i rizikové látky včetně arzénu zůstanou v koloběhu živin, proto je možné využívat kontaminované plochy pro výrobu bioplynu.

Podmínky spalování biomasy vyprodukované na zemědělské půdě při využití malých systému,jsou díky přísnýmemisním a provozním požadavkům a současnému poznání ve výrobě a provozu kotlů a čištění spalných plynů stále obtížné (Kiesewalter und Röhricht, 2008).

Zde je především se při spalování stébelnin problematická vysoká emise prašných částica zvýšená spékavost popela. Bylo zjištěno, že arsen zůstává převážně v popeli, zatímco kadmium a olovo se vyskytují v plynných spalinách. To znamená, že při spalování kontaminovaných materiálu musí být využita vhodná filtrační technika.

Při spalování vznikající popel obsahuje vysoký podíl důležitých rostlinných živin, jako je draslík, fosfor, hořčík a vápník, ale i arsen a těžké kovy. Podle vyhlášky pro aplikaci hnojiv (DüMV) by nesměly být v pokusech vyprodukované popele, díky zvýšené koncentraci mědi,

niklu, ale i arzénu a šestimocného chromu (VI) pravděpodobně využity jako hnojiva nebo uváděny do oběhu (Kiesewalter und Röhricht, 2008). S cílem zajistit udržitelnou produkci biomasy musí být popel ze spalování biomasy vrácen zpět na pole, aby byl zachován koloběh živin (Wetzig 2008). Technické postupy pro odstranění těžkých kovů, se zaměřují zejména na oddělování jednotlivých frakcí popela.
Způsoby zplyňování pro výrobu syntézního plynu a výroba bioetanolu jako motorového paliva z kontaminované produkce, je méně vhodná, neboťse díky citlivým technologickým procesům, považují těžké kovy za látky negativně ovlivňující výsledek.
Totéž platí i pro výrobu rostlinného oleje (zejména z řepkového) jako paliva a pohonné hmoty, přičemž řepková sláma nebo řepkovépokrutinymohou být považovány za potenciální zdroj energie. Dosud je získáno velmi málo informací o účincích těžkých kovů na proces výroby oleje. Zatímco rostlinný olej a jeho produkty jsou považovány do značné míry bez těžkých kovů, představují zbytky z výroby olejezdroj těchto látek. V průběhu výrobyjsou jako vedlejší produkty získávány výlisky, extrahovaný šrot a glycerinu. Vzhledem k využití těchto zbytků jako krmiv, hnojiv, nebo ke spalování či výrobě bioplynu jsou nevyhnutelné problémyspojené s akumulací těžkých kovů (Saxonia 2010). Bioplynové stanice mají v regionu Freiberg, velmi vysoký potenciál protože jsou k dispozici regionálně dostupné substráty.

Inovativní opatření ke redukcizátěžetěžkými kovy

Existují různá opatření, které se zabývají eliminací kontaminace těžkými kovy v půdách. Voblasti fytoremediace existuje řada metod, které využívají rostliny pro eliminaci rizikových látek jako např. fytostabilizace (imobilizace), phytoremediace (extrakce) a phytomining (těžba kovů pomocí rostlin).

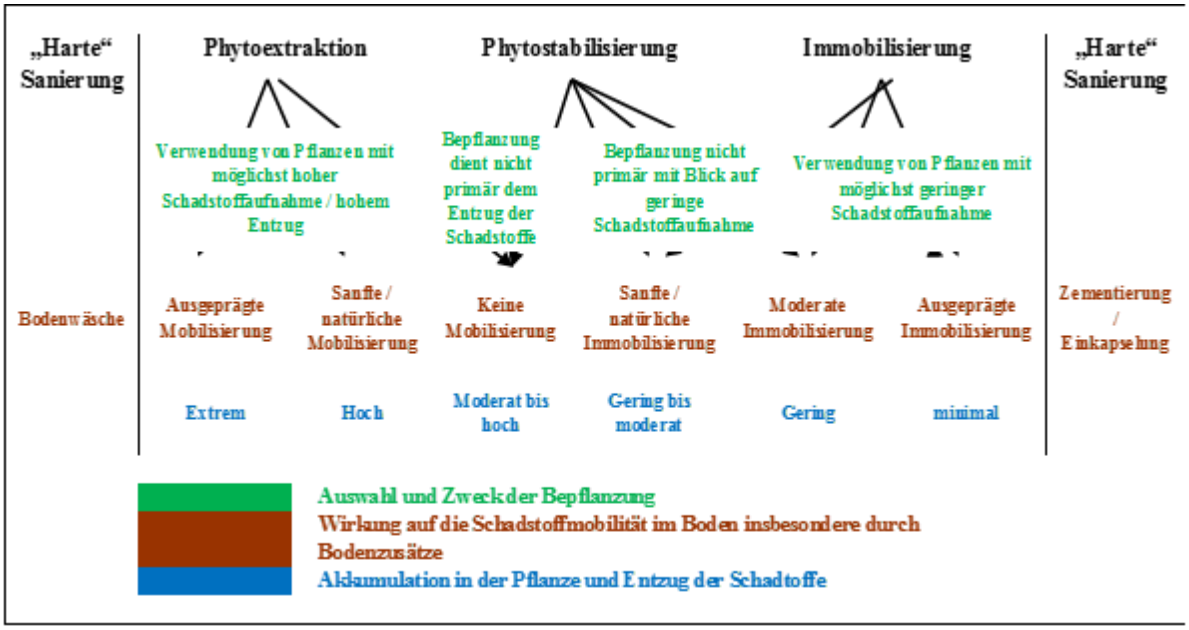


Abbildung 50 / Zobrazení: Šetrná sanace v projektu Sumantec (podle Sumantec 2008)

Fytostabilizace slouží v první řadě ke zlepšení jakosti půdy snížením mobility znečišťujících látek. Vzhledem k tomu, že se vytvoří podzemní biomasa nedochází jenom k nižší fixaci rizikových prvků v kořenech exkluderových rostlin, ale i k fixaci CO2 v kořenové hmotě, přičemž je u trvalých kultur tento uhlík odstraněn z atmosféry na dobu nejméně 10 - 20 let. Kromě ukládání CO2, což je nezbytné k ochraně globálního klimatu, dochází především ke zlepšení místního a regionálního klimatu. Fytostabilizace je ve smyslu spolkového zákona o ochraně půdy (BBodSchG) půdní sanace.

U fytoextrakce jsou znečišťující látky z půdy odstraňovány rostlinami, které je přijímají ve vysokých koncentracích a ukládají je ve svém těle, takzvané hyperakumulátory. Fytoextrakceje ověřována v ostatních projektech ve středním Sasku (např. projekt "Zelená země", Puschenreiter 2013). Speciální formou fytoextrakce je v tomto případě tzv. fytomining, kde mají být kovy extrahovány ze země pomocí rostlin. Pracovní skupina projektu "PhytoGerm" Prof. Dr. HermannaHeilmeiera zkoumá těžbu germania z digestátu bioplynových stanic (phytomining) s výhledem na výstup z tohoto projektu. Germanium se nachází v malých koncentracích v zemské kůře, jeho těžba je drahaje po něm ale obrovská poptávka, a proto v současnosti i vyšší realizační ceny (Heilmeier 2013).

V budoucnosti by mohlo docházet k využití digestátu dříve než by byl znovu použit jako hnojivo na ornou půdu. Zde je vedle chrastice, která je v současné době analyzována na příjem germania zajímavá tráva Szarvasi-1, protože je schopna akumulovat velké množství křemíku, který patří stejně jako germanium do 4 hlavní skupiny v PSP (Heilmeier 2013). Pro fytoremediaci ploch v oblastech zamořených těžkými kovyby mohl být využit i biouhlík. Zvýšení úrodnosti půdy a tím i dostupnost těžkých kovů pomocí biouhlíku je také možnost rekultivacekrajiny po těžbě surovin (Haubold-Rosar et al., 2011).

Fytostabilizaceje proti fytoremediaci nebo extrakci,které jsou ještě vyvíjeny, pro obhospodařování rekultivaci a sanaci devastovaných a kontaminovaných ploch významný pokrok. Pokud by nebyla nalezena rostlina, která přijímá kadmium a arzén ve větším množství, a zároveň byla vhodná pro alternativní pěstování energetických plodin v této klimatické oblasti Krušných hor, mohla by být fytoextrakce velmi zdlouhavý proces (např. 1566 roků pro odstranění kadmia v lokalitě Ohrum; Sauer 2011)

Shrnutí

Vyhodnocení výsledků a doporučení pro oblasti Freiberg, v regionu je dominantní provozy k ýrobě píce a potravinářských komodit. Tyto se mohou v případě zvýšeného obsahu arzénu a těžkých kovů v ornici dostat do problému s obhospodařováním těchto ploch. Energetické plodiny mohou být vzhledem k pozitivním stanovištním podmínkám smysluplnou alternativou.

Rostliny vhodné pro oblast Freiberg: Vzhledem k místním podmínkám v oblasti Freiberg, mohou být v současnosti upřednostňovány tyto energetické rostliny:

- Obilniny a obilná sláma (hlavně pšenice, žito, tritikale, řepka, kukuřice),
- roční a víceleté trávy, jako je například chrastice rákosovitá, pýrovec"Szarvasi"
- další vytrvalé energetické plodiny, jako je mužák prorostlý,
- tráva z TTP,
- při rozhodnutí o použití RRD pak topoly nebo vrby

V budoucnosti má být dále prováděn výzkum s těmito plodinami, aby bylo možné odhadnout jejich ekonomické a ekologické přínosy.

Kritéria pro výběr pěstování energetických plodin by měla být následující:

- odrůda a druh rostliny zvolený podle druhu a koncentrace rizikového prvku
- období růstu rostliny: víceleté plodiny (stromy, keře, trvalky, trávy) jsou obvykle kontaminovány těžkými kovy více než plodiny jednoleté (obilovin, škrobnaté plodin, olejnin),
- Zamýšlený výsledek: fytoextrakce nebo fytoimobilizace: má být provedena sanace pomocí fytoremediace, nebo je spíše upřednostňován mírný příjem těžkých kovů do rostliny. Vzhledem k různým způsobům příjmu těžkých kovů lze zvolitbuď exkluderové nebo akumulátorové rostliny,
- Úplné nebo částečné použití rostlin: protože jsou často generativní části rostlin (ovoce, semena) méně zatížené než vegetativních částí (kořen, stonek, listy), mohou být vybrány energetické plodiny, které mají vysoký energetický potenciál právě v odpovídajících částech rostlin,

- způsob využití druhu biomasy: lze či nelze očekávat zásadní vliv těžkých kovů na průběh procesu,

Na druhou stranu, mohou být záměrně odděleny toky"krmiv a potravin" a "energetických plodin". Takže mohou být části rostliny méně akumulující rizikové prvky (zrna), realizovány jako krmiva nebo potraviny, zatímco váce kontaminovaná obilní sláma využita jako zdroj energie. Předpokladem je, že při hromadění znečišťujících látek nedochází k problémům při zpracování a recyklaci biomasy.

Existují různá opatření ke snížení množství těžkých kovů kontaminace v krmivech a potravinách. S cílem snížit povrchovou kontaminaci plodin, byla pro krmivazpracována řada opatření, která jsou uvedena v tabulce v příloze, „snížení kontaminace krmiva s půdou během sklizně z TTP a orné půdy“ (Wetzig 2008). Například může nastavením stroje (výška sečení), vyhýbání se mezerovitým porostům a omezením znečištění zásobdojít k nižší kontaminaci (Kiesewalter a Röricht 2008). Účinným vápnění, se může zvýšit pH a snížit dostupnost těžkých kovů (Klose 2006).

Freiberg je jedním z krajů, které mají vysoký podíl trvalých travních porostů. Vzhledem k tomu, výroby píce a pastva ustupují, tady je možnost využití potenciálu této oblasti. Luční porostje dobrým kosubstrátem k výrobě bioplynu. Další potenciál je ve využití energie z obilní a řepkové slámy.

Nebude-li výhledově získávání toxických prvků z digestátu a popela komerčně životaschopné, bez zájmu těžebních organizací, bude fytostabilizace jedinou alternativou pro oblast Freiberg. Fytostabilizaceje ve smyslu spolkového zákona o ochraně půdy (BbodSchG) druhem půdní sanace.

Pěstování biomasy a energetických plodin na arzénem a těžkými kovy, obohacených půdách představuje pro zemědělce regionu Freiberg nejen alternativu ke konzervativní zemědělské produkci, ale zároveň nabízí vysoký využitelný potenciál pro generování energie z obnovitelných zdrojů v regionální struktuře. Prostřednictvím regionálních hodnotových řetězců je zajištěno vytváření nejen ekologické, ale také ekonomické udržitelnosti. To vše posiluje budování a využití inovačního potenciáluhospodářského centra Freiberg (Saxonia 2010).

Studie: Právní rámec rekultivace ploch znečištěných těžkými kovy a post-těžebních areálů v euroregionu Krušnohoří pomocí zemědělských systémů k produkci obnovitelných zdrojů pro energetické využití (RekultA)

Úvod

Studie "Právní rámec rekultivace ploch znečištěných těžkými kovy a post-těžebních areálů v euroregionu Krušnohoří pomocí zemědělských systémů k produkci obnovitelných zdrojů pro energetické využití (RekultA)" byl zpracován panem Falkem Schüttigem ze společnosti Barran & Partner.

Předmětem šetření jsou zákonné a ostatní právní podmínky, které mají být dodržovány při pěstování a využití energetických plodin, zejména v takových oblastech, které vykazují

zvýšený obsah těžkých kovů (využití v zařízeních na výrobu bioplynu a spalování dřevní štěpky). Ověřování právního rámce probíhá ve třech samostatných úsecích: pěstování a sklizeň; doprava a energetické využití; zhodnocení a aplikace digestátu. Kultivace probíhá na orné půdě v Krušných horách dosudvyužívané pro výrobu potravin a krmiv.

Pro pěstování přichází v úvahu v souladu s předchozími studiemi různé energetické plodiny jako jsou: mužák prorostlý, Miscantus, chrastice rákosovitá a pýrovce „Szarvasi 1“. Tyto plodiny jsou jsou víceleté (10-25 let) pěstované převážně na pronajaté půdě, proto musí být podrobně prozkoumáno:

1. mohou být uvedené rostliny pěstovány na pronajaté půdě,
2. neexistuje restriktivní právní rámec pro pěstování těchto rostlin,
3. nemají tyto rostliny nepříznivý dopad při návratu pozemku k původním účelům využití (výroba potravin a kromiv).

Výsledky

Pro vyhodnocení budou využity následující zákony, zákon o nájmu pozemků, dodržování správného hospodaření dle (občanského zákoníku SRN (BGB) strana 3 odstavec 1), zákony o ochraně půdy, zákony o ochraně přírody a krajiny a konečně zákon o geneticky modifikovaných organizmech.

Zejména spolkový zákon o ochraně půdy (BBodSchG)a Nařízení o ochraně půdy (BBodSchV) má významný dopad na pěstování energetických plodin v oblastech kontaminovaných těžkými kovy. V těchto dokumentech jsou definovány parametry (indikační hodnoty) při jejichž překročení dochází k ověřenízda nedošlo k škodlivým změnám půdy . Zde se jedná pouze o hodnoty indikační nikoliv o hodnoty hraniční (Versteyl/Sondermann,17 BBodSchG,Rn.9)

Podle přílohy 2 k vyhlášce BBodSchV platí podle č 2.2 pro půdu k produkci užitkových rostlin následující indikační a hraniční hodnoty pro znečišťující látky v orné půdě:

	Ackerbau, Nutzgarten		
Stoff	Methode[4]	Prüfwert	Maßnahmenwert
Arsen	KW	200[5]	-
Cadmium	AN	-	0,04/0,1[6]
Blei	AN	0,1	-
Quecksilber	KW	5	
Thallium	AN	0,1	-
Benzo(a)pyren	-	1	-

Abbildung 51 / Zobrazení:: Indikační a hraniční hodnoty vybraných rizikových kovů v ornici nebo produkčních zahradáchvmg/kg sušiny půdy v horizontu 0-30 cm

Pro přechod rizikových kovů v soustavě půda rostlina na orných půdách platí následující indikační hodnoty pro možné ovlivnění růstu kulturních rostlin:

	Ackerbau
Stoff	Prüfwert
Arsen	0,4
Kupfer	1
Nickel	1,5
Zink	2

Abbildung 52 / Zobrazení: Indikační hodnotyv mg/kg sušiny, jemnozemě v extraktu dusičnanem amonným

Pro využívání kontaminované biomasy v bioplynových stanicích nebo spalování dřevní štěpky nemohou být identifikovány žádné rozdíly v právních předpisech k dopravě běžných rostlin. Do značné míry určuje právní rámec umístění a systém plánování. Pro zhodnocení biomasy v bioplynových stanicích a kotelnách platí zákon o omezování znečištění (BImSchG). Dále platí i stavební zákoník (BauGB) a nařízení o biomase/EEG 2012. Pro využívání a aplikaci digestátu je třeba vyhodnotit nísedující předpisy, jako je zákon o recyklaci (KrWG),, vyhláška o biologickém odpadu (BioAbfV), vyhláška o aplikaci a přepravě hnojiv (WdüngV) a nařízení o uvádění výrobků do oběhu. Šíření digestátu vlastnit jejich vlastní zemi, aniž by dodržení přípustných limitů (§8 odst. 5 s 2 DüMV). Aplikace vlastního digestátu na vlastních pozemcích je možná bez ohledu na překročení limitních hodnot obsahu těžkých kovů (§8 odstavec 5 Strana 2 DüMV).

Jakmile jsou ale k výrobě digestátu používány suroviny pocházející z jiných provozů nebo dochází k aplikaci digestátu na jiných pozemcích než vlastních musí být dodržovány limitní hodnoty obsahu těžkých kovů podle zákona o hnojivech (DüMV). Pokud jsou limitní hodnoty překročeny je zakázána aplikace na cizích pozemcích a rovněž i uvádění tohoto digestátu do oběhu (§4 odstavec 1 číslo 3 DüMV); (§8 odstavec 5 S. 1 DüMV).

Arsen	40
Blei	150
Cadmium	1,5
Nickel	80
Quecksilber	1

Abbildung 53 / Zobrazení: Limitní hodnoty zakazující aplikaci podle zákona o hnojivech DüMV in mg/kgsušiny

Arsen	20
Blei	100
Cadmium	1,0
Nickel	40
Quecksilber	0,5

Abbildung 54 / Zobrazení: Při dosažení těchto hodnot je povinnost značení dle zákona o hnojivech DüMV

Souhrn

Nejsou známy právní námitky týkající se pěstování energetických rostlin na pronajatých pozemcích k výrobě bioplynu spolu s kejdou nebo spalování v kotelnách jakož i k aplikaci digestátu na zemědělské půdě. Při dodržení obecných podmínek je splněn požadavek na poskytnutí dotace EEG. Je pravidlem, že se není třeba provádět odběr vzorků.

Některé aspekty by měly být v souladu s výše zmíněnými připomínkami a právními předpisy zohledněny:

- vliv pěstování energetických rostlin na následné běžné plodiny a místní odrůdy,
- účinky pěstování na strukturu půdy a další faktory týkající se ochrany půdy,
- společná fermentace s biologickým odpadem,
- využití digestátu jinými společnostmi a jeho aplikace na cizích pozemcích.

4.1.2 Výsledky na české straně

Právní podmínky pěstování biomasy v Čechách

Podmínky pěstování biomasy

Usnesení vlády č. 480/1998 Sb., Nařízení vlády č. 505/2000 Sb., Zákon 114/1992 Sb.,

Nařízení o odpadní biomase

Zákon 185/2001 Sb., Zákon 188/2004 Sb., vyhláška MŽP č. 381/2001 Sb., vyhláška č. 376/2001 Sb., o hodnocení nebezpečných vlastností odpadů, (změna 502/2004 Sb.)
vyhláška č. 381/2001 Sb., kterou se stanoví Katalog odpadů, ..., (změna 503/2004 Sb. a 168/2007 a 374/2008)

vyhláška č. 382/2001 Sb., o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě, (změna 504/2004 Sb.)
vyhláška č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady, (změna 41/2005 Sb., 351/2008 Sb., 478/2008 Sb.)
vyhláška č. 384/2001 Sb., o nakládání s PCB,
nařízení vlády č. 197/2003 Sb., o Plánu odpadového hospodářství v ČR

Nařízení o projektech a projektové dokumentaci
Zákon 17/1992 Sb., o životním prostředí,
Zákon 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny,
Zákon 86/2002 Sb., o ochraně ovzduší,
vyhláška MŽP č. 356/2002 Sb., kterou se stanovuje seznam znečišťujících látek, obecné emisní limity,
nařízení vlády č.145/2008 Sb. seznam znečišťujících látek a prahových hodnot
nařízení vlády č. 353/2002 Sb., kterým se stanoví emisní limity,
Zákon 76/2002 Sb., o integrované prevenci (IPPC), ve znění a č. 521//2002 Sb.,
nařízení vlády č. 368/2003 Sb., o integrovaném registru znečištění,
vyhláška MŽP č. 554/2002 Sb., kterou se stanovuje vzor žádosti o vydání integrovaného povolení. rozsah a způsob jejího vyplnění,
Zákon 254/2001 Sb., o vodách ve znění a č. 20/2004 Sb.,
nařízení vlády č. 103/2003 Sb., o stanovení zranitelných oblastí a o používání a skladování hnojiv a statkových hnojiv (tzv. Nitrátová směrnice).
Zákon 34/1992 Sb., o ochraně zemědělského půdního fondu, ve zněn pozdějších předpisů,
Vyhláška č. 191/2002 Sb., o technických požadavcích na stavby pro zemědělství.

Právní stanoviska týkající se biomasy pro energetické využití jsou komplexní záležitostí. Lze říci, že energetické využití biomasy dosahuje intenzivní podpory na mezinárodní i národní úrovni. Další informace k předpisům o biomase můžete získat ve studii energetického potenciálu biomasy v hnědouhelné pánvi Ústeckého kraje, která je k dispozici u vedoucího partnera projektu.

4.2 Stanovení potenciálu biomasy a využívání biomasy na německé straně Euroregionu Krušnohoří

4.2.1 Výsledky na německé straně

Úvod

V rámci projektu byly zpracována studie, "Regionální čerpání nadhodnoty pomocí bioenergie – doporučení a možné projekty v oblasti euroregionu Krušnohoří“ zde byl v první části s proveden odhad energetického potenciálu na německé straně euroregionu Krušnohoří. Tuto studii zpracovala DBI Freiberg s více subdodavateli.

Materiály a metody

Hodnocené substráty, jsou rozděleny do následujících skupin:

- Bylinná biomasa
- Dendromasa (dřevní biomasa)
- Organický odpad

Stanovení potenciálu se provádí v několika stupňově. Za tímto účelem, je dle očekávaného objemu dostupné biomasy určen teoretický potenciál produkce. Na základě technických a ekonomických omezení, je teoretické maximum sníženo na potenciál technický případně ekonomický. Zvláštní pozornost je věnována biomase znečištěné těžkými kovů , která je ideální pro energetické využití.

Oblast prováděné analýzy zahrnuje území euroregionu Erzgebirge. Konkrétně se jedná o v roce 2008 reformovanéokresy Freiberg, střední Krušnohoří, Annaberg a Stollberg (oblast RekultA). Bývalý okres Freiberg v současnosti patřído Středního Saska. Další tři původní okresy nyní patří do Krušnohorské oblasti.

Výsledky

Bylinná biomasy

Mezi v této studii uvažovanou bylinnou biomasu byla začleněna obilná sláma, řepková sláma, nať brambor a cukrové řepy, kukuřičná siláž a zrno pšenice a tritikale. Zejména pro zrna obilovin, je potenciál odvozován za splnění předpokladu možného znečištění těžkým kovem. Zde jsou hodnoceny v detailech tyto těžké kovy kadmium, olovo a arzén. Shrneme-li potenciál produkce biometanu dohromady, získáme celkový potenciál bylinné biomasy pro hodnocenou oblast. Zde jsou zohledněny následující předpoklady: 1 potenciál obilovin s ohledem na obsah kadmia a druhý energetická potenciál kukuřice, který shrnuje veškeré potenciály. Je zde dobře patrné jaký vliv nají na stanovení teoretického potenciálu sklizňové zbytky. Vzhledem k omezením jako je tvorba humusu, krmné požadavky a různé výnosy metanu je kukuřice pro produkci bioplynu s podílem ekonomického potenciálu více než 50% nejvýznamnější. Celkový potenciál bylinné biomasy pro hodnocené oblasti je znázorněn na snímku 10. Zde jsou patrné oblasti ve starých okresech Annaberg a Stollerg i obce západně od Freibergu, které se

vyznačují vysokým potenciálem. Zatímco oblasti hřebenových partií Krušných hor dosahují díky špatným klimatickým podmínkám a nižší výměře orné půdy potenciálu nižšího. V Krušnohorském regionu dominují velké plochy lesních porostů, které se naopak podílí na vyšším potenciálu dendromasy.

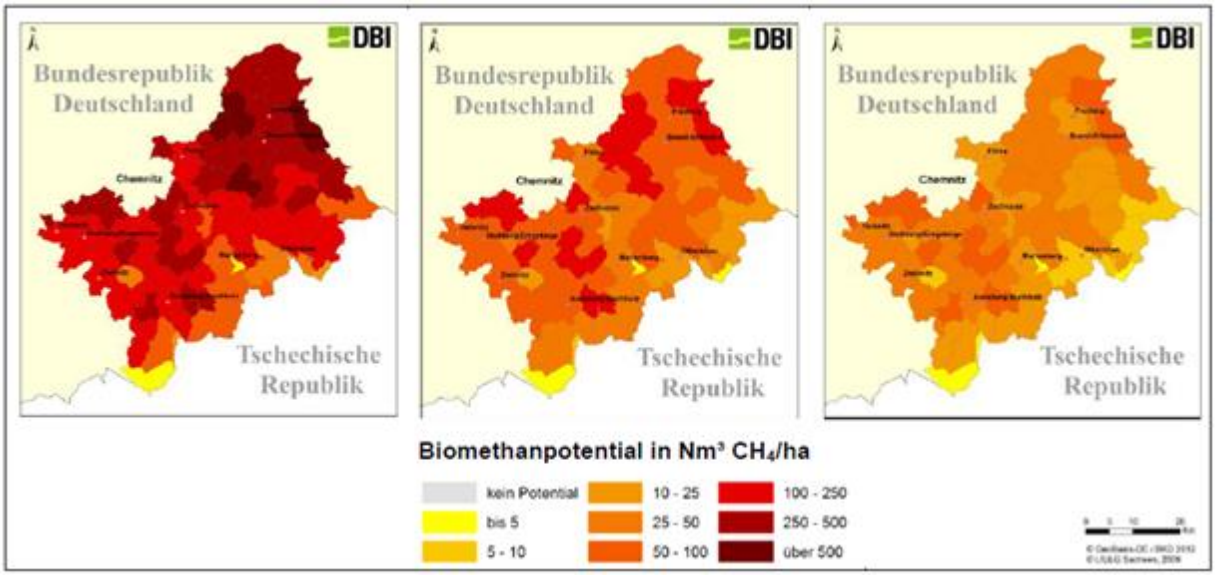


Abbildung 55 / Zobrazení: Teoretický, technickýa hospodářský potenciál (z leva do prava) produkce metanuv Nm3 CH4/ha zbylinné biomasy se zohledněním kontaminace rizikovými prvky

Celkem je odhad hospodářsky využitelného potenciálu z bylinné biomasy určen na 71.000 MWh/rok. Tato produkce se skládá z 90 % z kukuřičné siláže a ze sklizňových zbytků. Zbytek je tvořen zrnem obilovin jako je pšenice nebo tritikále.

Dendromasa

Má být stanoven energetický potenciál dřeva pro německou část euroregionu Krušnohoří. Pro jeho určení jsou zohledněny tři zdroje biomasy:

(1) lesní biomasa (lesní těžební zbytky),
(2) orná půda (plantáže RRD)
(3) volná krajina (stromy a keře z prováděné údržby krajiny).

Cílem tohoto hodnocení energetického potenciálu je kvantifikovat z velké části nevyužité objemy energetického dřeva za jeho současné lokalizace v regionu s cílem odvodit hodnotové řetězce jejího využití v komunálním měřítku.

Hodnocení potenciálu je omezeno na kvantifikaci dostupného dřeva k výrobě štěpky využitelné v komunálním měřítku neboť zde jsou lokalizována zařízení pro její energetické využití. Za současných podmínek činí ekonomicky využitelný energetický potenciál palivového dřeva (dřevní štěpky) v analyzované oblasti ročně cca. 83.000 MWh, což je poměrně vysoký energetický potenciál. Zdaleka největší část z tohoto energetického potenciálu tvoří (cca. 57.000 MWh/rok) štěpka z RRD, po něm následuje potenciállesní štěpky (cca. 16.000 Mwh/rok) a údržby krajiny (cca. 10.000 Mwh/rok). Bohužel jsou v současnosti zemědělci

k zakládání plantáží RRD skeptičtí proto je jejich zakládání možné pouze ve spolupráci s obcemi. Množství 83.000 MWh stačí na vytápění cca 4.000 rodinných domů.

Abbildung 56 / Zobrazení: Hospodářsky využitelný potenciál energetického dřeva v kWh/ha (úroveň obcí)

Odpady

K odvození teoretického technického a hospodářského potenciálu bio-odpadů, odpadů z údržby a komunálních čistírenských kalů musí být vyhodnoceny různé zdroje. Statisticky jsou vyčíslena obvykle množství odpadů a čistírenských kalů, které jsou vyprodukovány obcemi. Od soukromých původců je v Sasku k dispozici pouze neúplná bilance odpadů nebo dokonce chybí úplně.

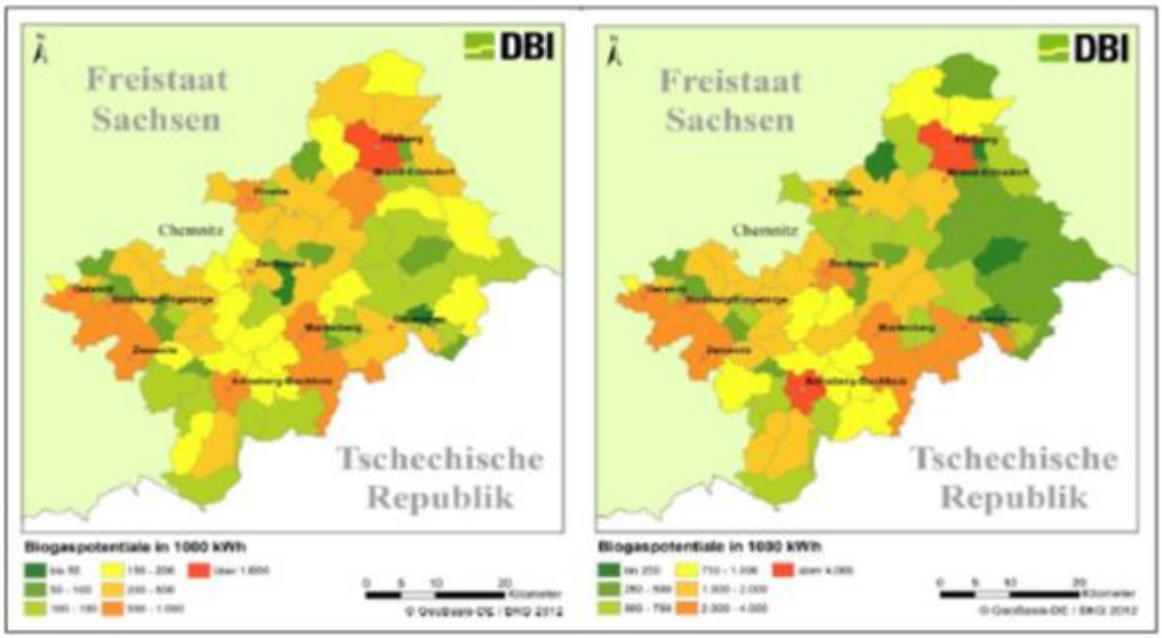


Abbildung 57 / Zobrazení:Hospodářský potenciál čistírenských kalů vlevo a celkový potenciál biologicky rozložitelných odpadů včetně kalů (vpravo)

Závěrem je třeba konstatovat, že pro oblast RekultA je k dispozici plošný potenciál biomasy odvozený na základě různých substrátů. Tento potenciál je v současnosti využíván při fermentaci v bioplynových stanicích, čistírnách odpadních vod i při energetickém využití dendromasy. Při zohlednění výměry ploch kontaminovaných rizikovými prvky lze očekávat, že se vypočítaný potenciál může zvýšit.

Souhrn

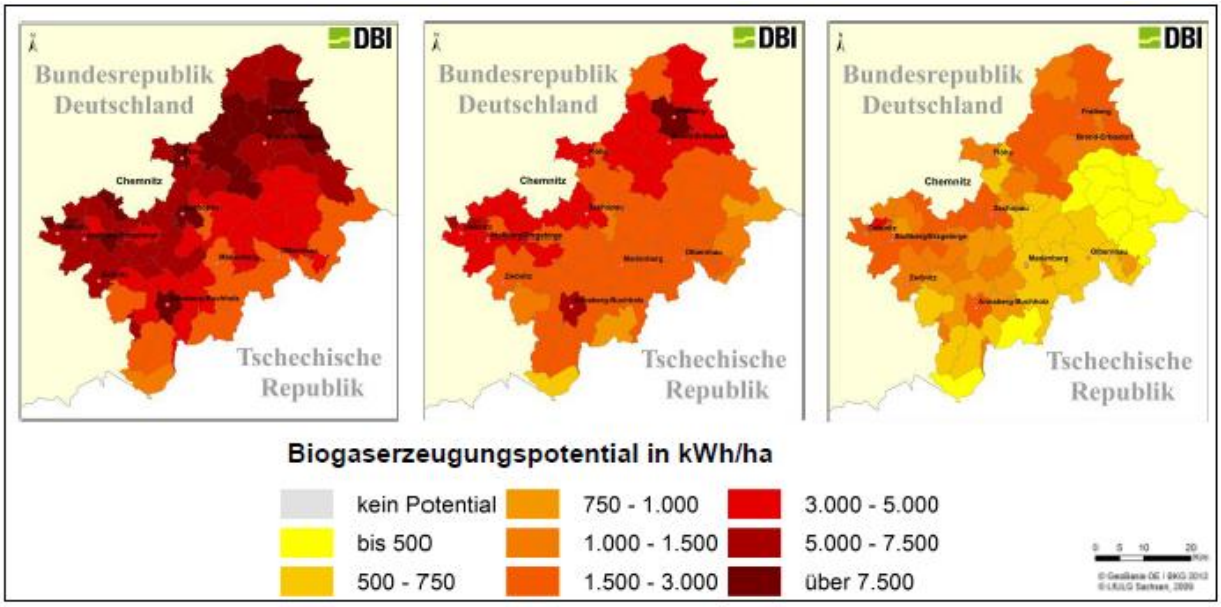


Abbildung 58 / Zobrazení: Teoretický, technický a hospodářský energetický potenciál (z leva do prava) bylinné fytomasy, dendromasy a komunálních odpadů na obecní úrovni

Potenciál produkce bioplynu v sektorech využití bylinné biomasy, dendromasy a využití odpadů poskytuje přehled o možnostech produkce bioplynu na hodnoceném území. Pro skutečné využití je z teoretického potenciálu k dispozici pouze malá hospodářsky využitelná

část. Důvodem jsou specifická omezení a překážky, které jsou vysvětleny v předchozích kapitolách. Celkový potenciál v analyzovaném území má silný severojižní trend.To je způsobeno především topografickou strukturou analyzovaného území. Oblast pahorkatiny na jihu mí horší klimatické podmínky pro růst bylinné biomasy. Potenciál RRD, které jsou lokalizovány především na severu má na celkový potenciál vyšší vliv než na jihu situované výměry lesa. Hospodářsky využitelný potenciál analyzovaného území cca 238 GWh odpovídá cca potřebě tepla 9.500 domácností při spotřebě 25.000 kWh/rok. Tři hodnocené skupiny substrátů mají takřka shodný energetický potenciál takže se jejich podíl na celkovém potenciálu pohybuje mezi 30 až 35 procenty.

4.2.2 Výsledky na české straně

Úvod

V rámci projektu byly zpracována studie, "Studie energetického potenciálubiomasy pánevní oblasti severočeského kraje“ zde byl mimo jiné proveden odhad energetického potenciálu na české straně euroregionu Krušnohoří. Tuto studii zpracovalo VÚRV, v.v.i. ve vlastní režii.

Materiály a metody

Hodnocené substráty, jsou rozděleny do následujících skupin:

- Bylinná biomasa na orné půdě
- Bylinná biomasa z TTP
- Dendromasa (dřevní biomasa)

Za tímto účelem, je dle očekávaného objemu dostupné biomasy určen teoretický potenciál produkce z orné půdy, z TTP a odpadní biomasy z výroby dřeva.

Oblast prováděné analýzy zahrnuje severočeské území euroregionu Krušnohoří bez výrazně zemědělských okresů Litoměřice a Louny na nichž se nevyskytují plochy po povrchové těžbě. Konkrétně se jedná o okresy Ústí nad Labem, Teplice, Most a Chomutov.

Výsledky

Mezi v této studii uvažovanou bylinnou biomasu byla především začleněna obilná a řepková sláma. Celkový potenciál bylinné biomasy na OP je znázorněn na následujících snímcích.

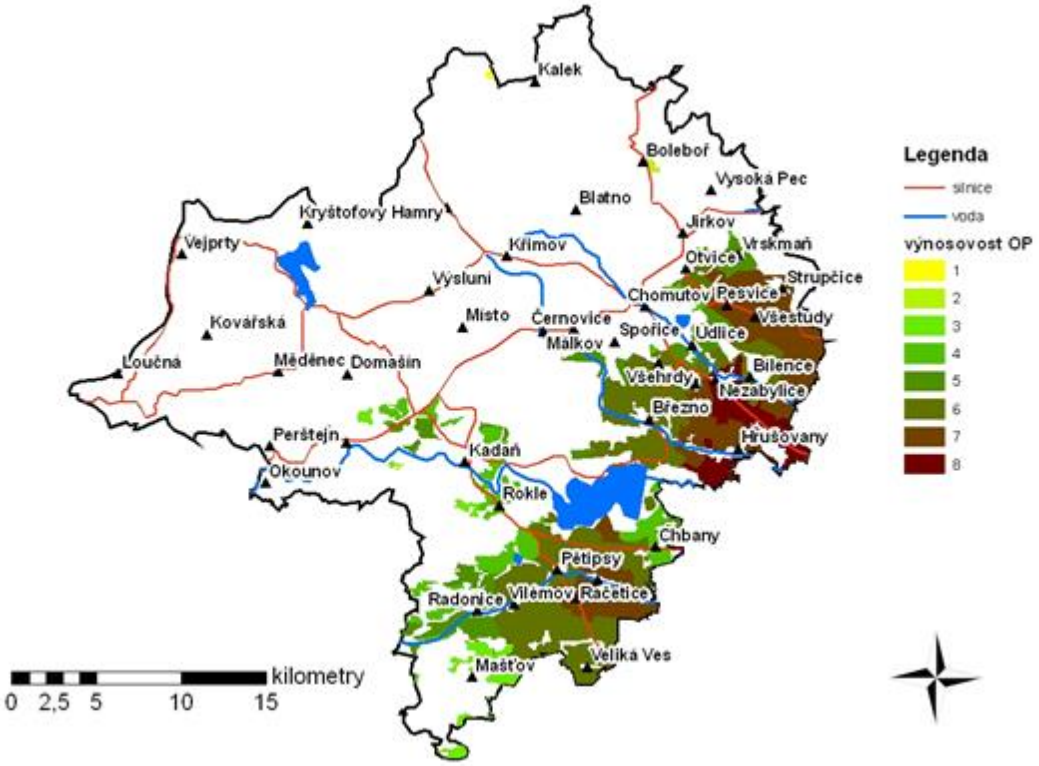


Abbildung 59 / Zobrazení : Teoretický potenciál biomasy v tunách na ha z orné půdy v okrese Chomutov

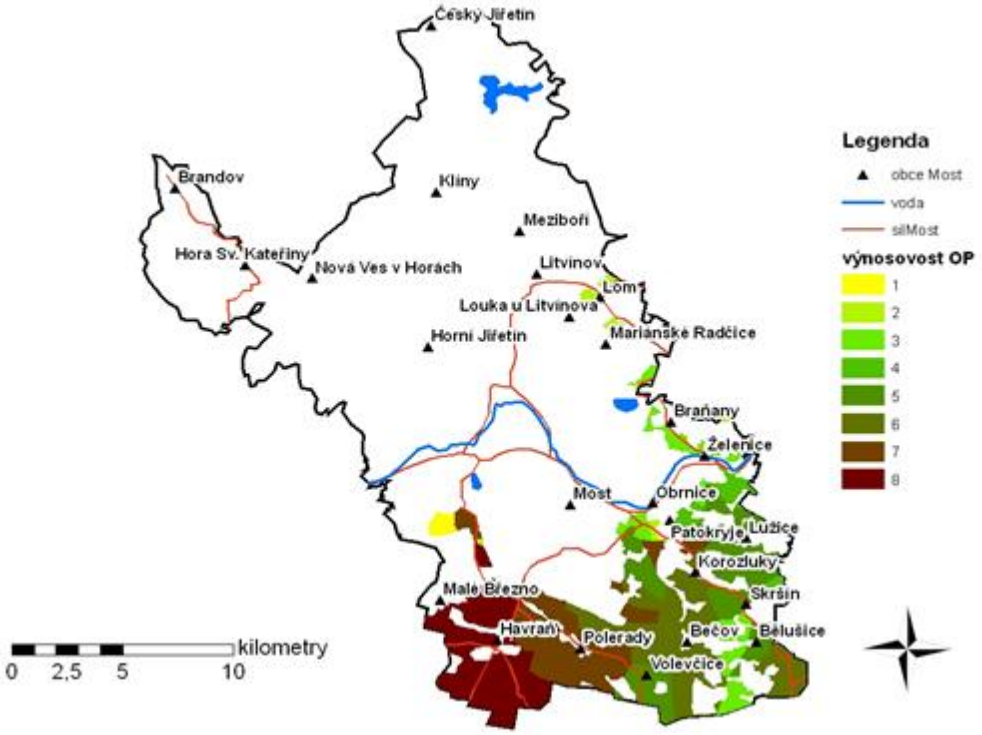


Abbildung 60 / Zobrazení: Teoretický potenciál biomasy v tunách na ha zorné půdy v okrese Most

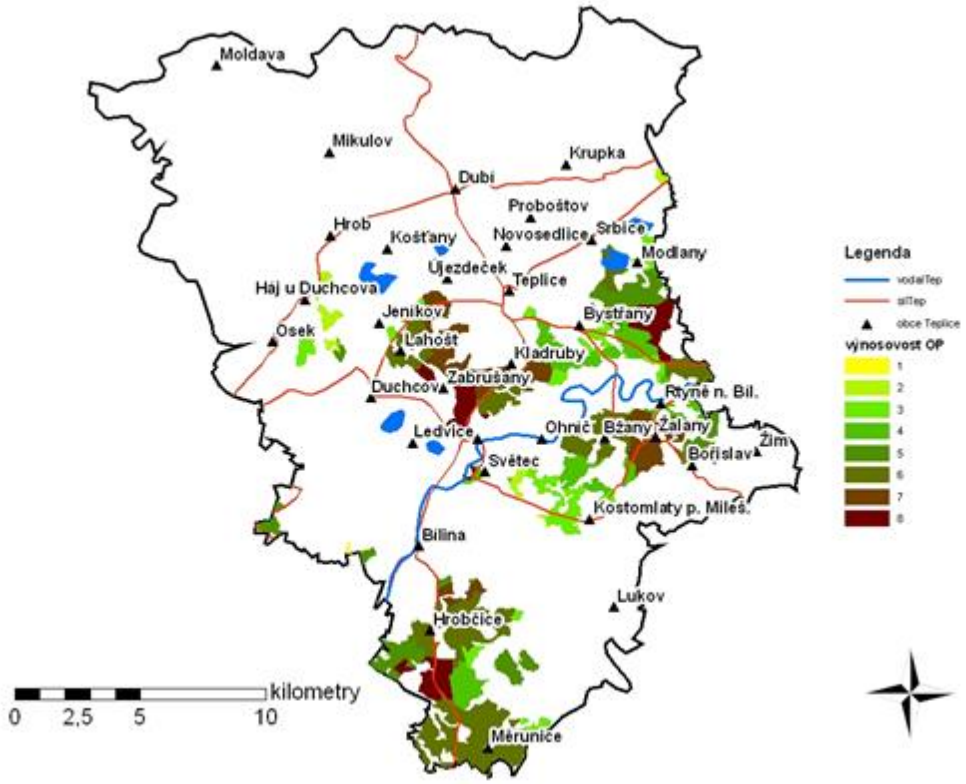


Abbildung 61 / Zobrazení: Teoretický potenciál biomasy v tunách na ha zorné půdy v okrese Teplice

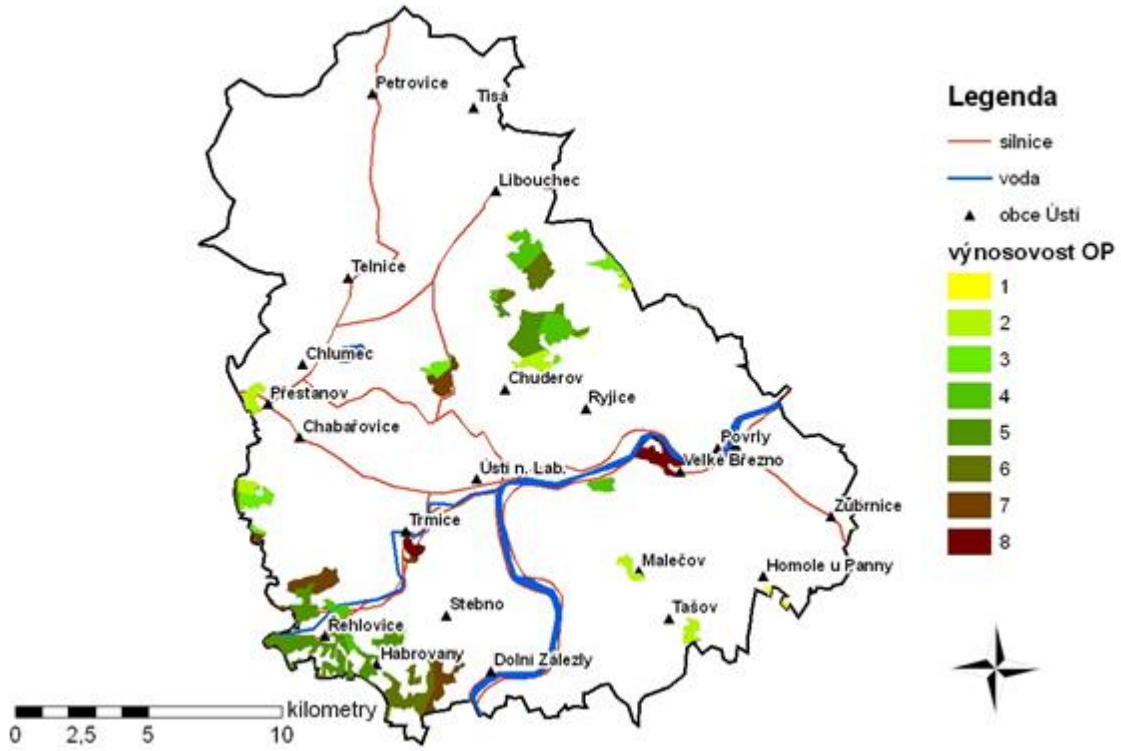


Abbildung 62 / Zobrazení: Teoretický potenciál biomasy v tunách na ha zorné půdy v okrese Ústí nad Labem

Z výše prezentované graficky znázorněné kategorizace výnosovosti výměry zemědělské půdy jsou patrné následující skutečnosti:

- orná půda je lokalizována převážně ve třetině okresu Chomutov, Most a Teplice

- nejvýnosovější oblasti jsou rovněž situovány v okresech s největším zastoupením orné půdy
- v těchto okresech můžeme rovněž počítat větší velikosti obdělávaných pozemků díky rovinatosti a lepším kategoriím BPEJ.

Výnosový potenciál slámy obilovin a řepky

Následující tabulky znázorňují výpočet teoretického výnosového potenciálu pro slámu obilovin a řepky v osmi kategoriích výnosovosti přepočítaný na celkovou výměru zájmového území.

Tabelle 15 / Tabulka číslo: Výměry ha orné půdy v osmi výnosovostních kategoriích pánevních okresů Severních Čech

Kategorie výnosovosti	**Chomutov ha**	**Most ha**	**Teplice ha**	**Ústí nad Labem ha**	**Celkem ha**
1	456,27	332,46	168,71	270,26	1227,7
2	438,16	506,62	363,69	594,72	1903,19
3	1078,28	1269,51	851,89	497,67	3697,35
4	2592,03	1781,51	851,29	772,95	5997,78
5	3008,04	297,34	1363,08	1185,21	5853,67
6	8622,2	807,92	2661,36	757,61	12849,09
7	5573,9	2042,32	1085,09	733,55	9434,86
8	2039,13	2409,32	931,91	463,03	5843,39
celkem	**23808,01**	**9447**	**8277,02**	**5275**	**46807,03**

Tabelle 16 / Tabulka číslo: Celková produkce 85 % sušiny slámy obilovin v osmi výnosovostních kategoriích pánevních okresů Severních Čech

Kategorie výnosovosti	Chomutov t	Most t	Teplice t	Ústí nad Labem t	Celkem t
1	478,03	348,31	176,75	283,14	1286,23
2	712,78	483,71	591,64	967,48	2755,61
3	2438,79	1827,32	1926,75	1125,61	7318,47
4	7747,01	1514,16	2544,32	2310,18	14115,67
5	10881,29	4592,33	4930,8	4287,38	24691,8
6	36714,02	7585,8	11332,29	3225,98	58858,09
7	27375,99	10030,77	5329,36	3602,8	46338,92
8	11485,99	13571,2	5249,24	2608,15	32914,58
Celkem t	**97 834**	**39 954**	**32 081**	**18 411**	**174 855**
Energetická výtěžnost GJ	**1 496 859**	**611 290**	**490 842**	**281 684**	**2 675 282**

Tabelle 17 / Tabulka číslo: Celková produkce 85 % sušiny slámy řepky v osmi výnosovostních kategoriích pánevních okresů Severních Čech

Kategorie výnosovosti	Chomutov t	Most t	Teplice t	Ústí nad Labem t	Celkem t
1	64,24	46,81	23,75	38,05	172,85
2	95,79	65,01	79,51	130,02	370,33
3	327,76	245,58	258,94	151,27	983,55
4	1041,15	203,49	341,94	310,47	1897,05
5	1462,38	617,18	662,67	576,2	3318,43
6	4934,14	1019,49	1522,99	433,55	7910,17
7	3679,17	1348,07	716,23	484,19	6227,66
8	1543,65	1823,89	705,47	350,52	4423,53
Celkem t	**13 148**	**5 370**	**4 312**	**2 474**	**25 304**
Energetická výtěžnost GJ	**227 465**	**92 893**	**74 589**	**42 805**	**437 752**

Výpočet produkčního potenciálu pro seno z TTP na území Ústeckého kraje

Obdobně jako u obilné a řepkové slámy jsme postupovali i u stanovení potenciálu sena z trvalých travních porostů. Na následujících kartogramech jsou zobrazeny výměry luk a pastvin s přidělenou výnosovostí.

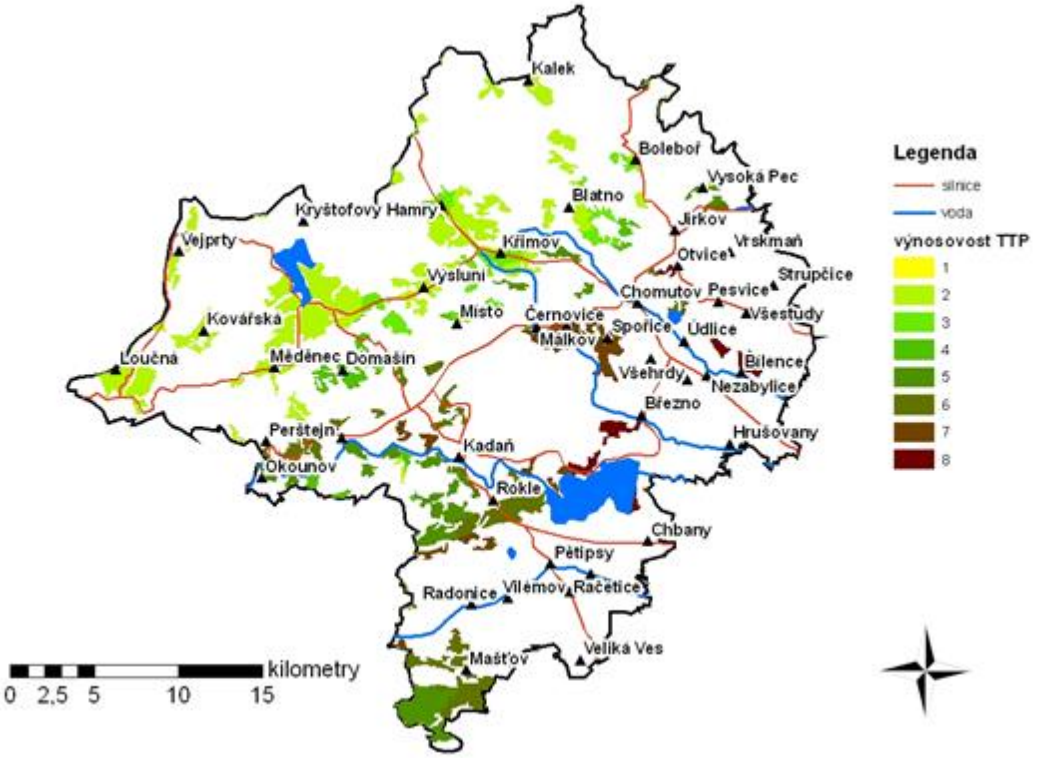


Abbildung 63 / Zobrazení: Teoretický potenciál biomasy v tunách na ha TTP v okrese Chomutov

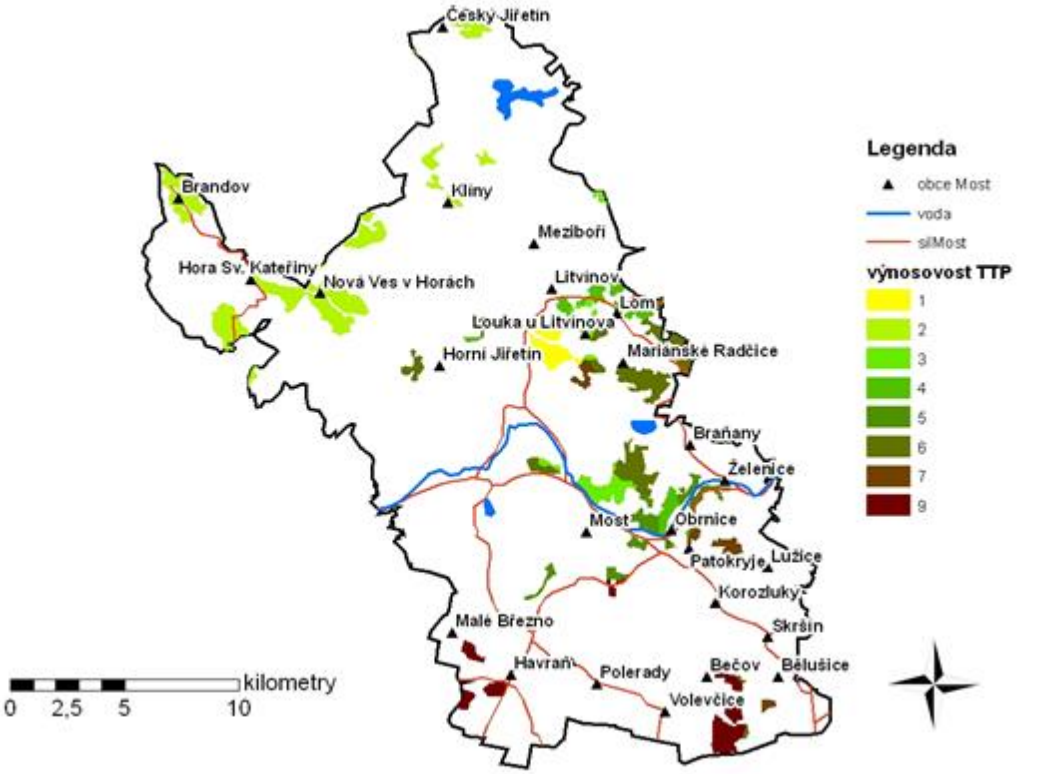


Abbildung 64 / Zobrazení: Teoretický potenciál biomasy v tunách na ha TTP v okrese Most

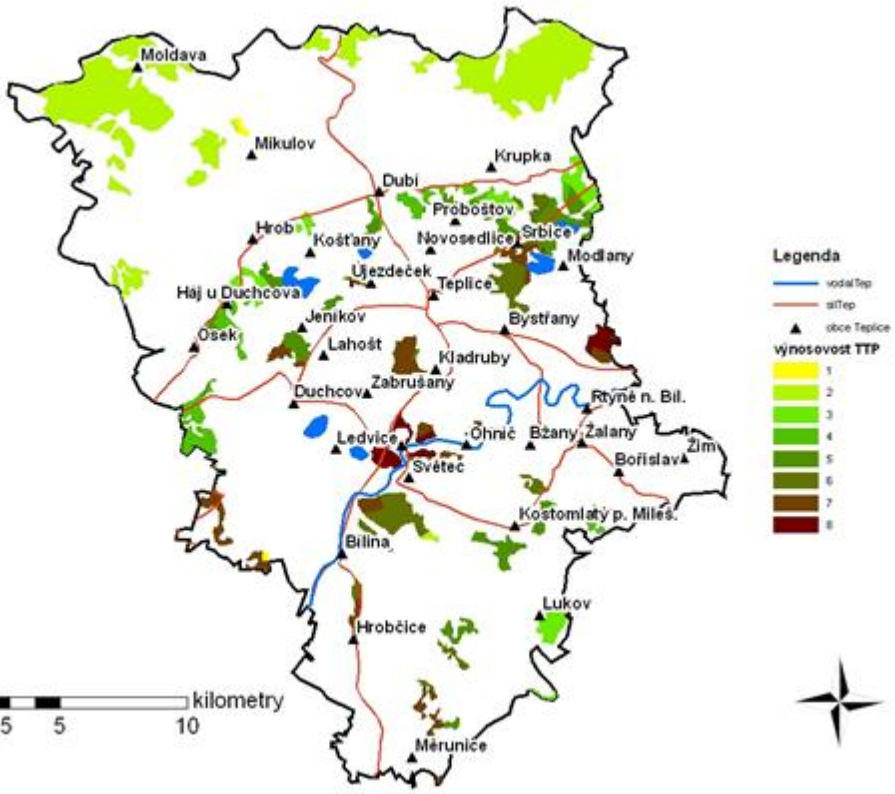


Abbildung 65 / Zobrazení: Teoretický potenciál biomasy v tunách na ha TTP v okrese Teplice

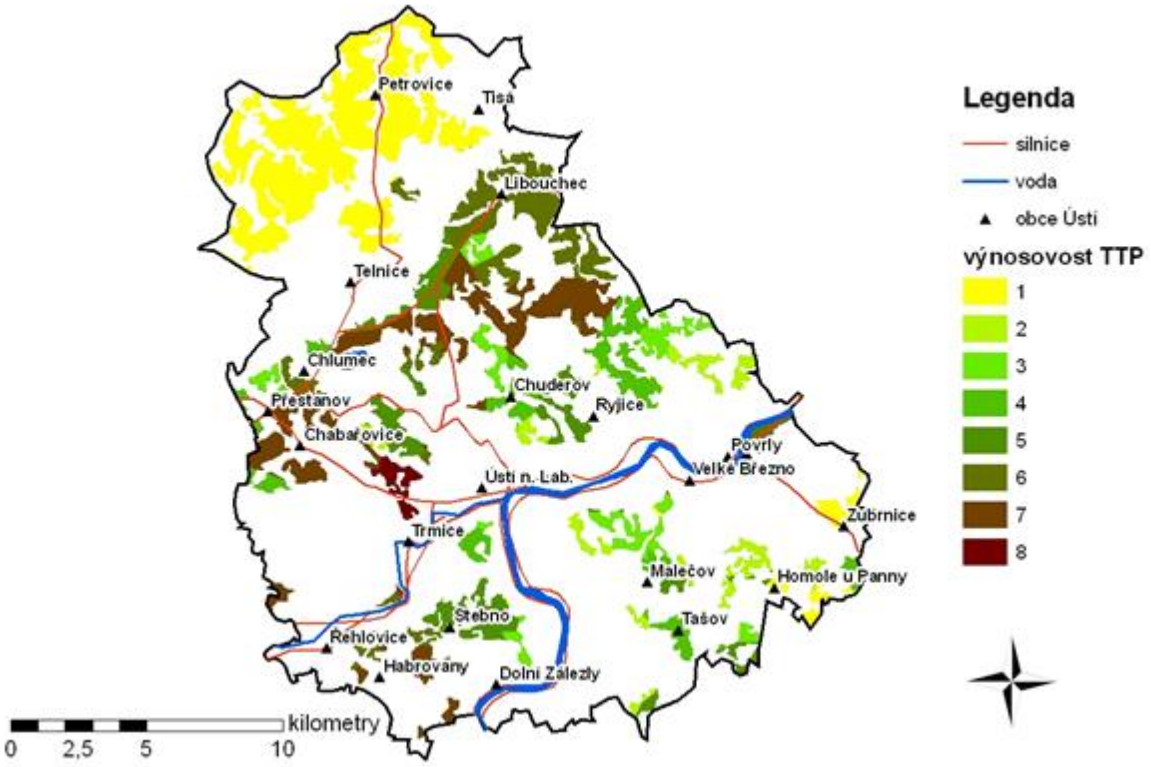


Abbildung 66 / Zobrazení: Teoretický potenciál biomasy v tunách na ha TTP v okrese Ústí nad Labem

Následují tabulky výpočtu výnosových charakteristik ohodnocených luk a pastvin ve vybraných okresech Ústeckého kraje.

Tabelle 18 / Tabulka : Celková výměra TTP v osmi výnosovostních kategoriích pánevních okresů Severních Čech

Kategorie výnosovosti	**Chomutov ha**	**Most ha**	**Teplice ha**	**Ústí nad Labem ha**	**Celkem ha**
1	261,9	211,85	218,1	3870,76	4562,61
2	251,5	751,51	395,9	713,61	2112,52
3	618,94	260,34	676,41	944,61	2500,3
4	1487,85	263,37	783,34	1136,05	3670,61
5	1726,64	283,15	1229,62	1169,84	4409,25
6	4949,22	602,2	1221,17	1643,38	8415,97
7	3199,47	237,21	1254,97	2058,2	6749,85
8	1170,48	397,37	555,49	385,55	2508,89
Celkem ha	**13 666**	**3 007**	**6 335**	**11 922**	**34 930**

Tabelle 19 / Tabulka: Celková produkce 85 % sušiny sena z TTP v osmi výnosovostních kategoriích pánevních okresů Severních Čech

Kategorie výnosovosti	Chomutov t	Most t	Teplice t	Ústí nad Labem t	Celkem t
1	775,17	992,78	313,02	5555,3	7636,27
2	15711,55	5468,44	882,24	1590,26	23652,49
3	5414,32	2633,81	2095,7	2926,67	13070,5
4	5271,39	3520,97	3207,18	4651,23	16650,77
5	18154	4581,58	6093,19	5796,97	34625,74
6	21080,24	11469,69	7123,07	9585,84	49258,84
7	12307,47	5211,25	8443,5	13847,6	39809,82
8	8895,96	10011,92	4286,24	2974,97	26169,09
Celkem t	**87 610**	**43 890**	**32 444**	**46 929**	**210 874**
Energetická výtěžnost GJ	**1 279 107**	**640 800**	**473 684**	**811 869**	**3 648 112**

Z následující sumarizace je patrný celkový produkční potenciál biomasy vybraných vedlejších zemědělských surovin a energetického sena podle výnosových hladin energetické produkce. V tabulce číslo 9 je provedeno celkové shrnutí produkce biomasy ze všech požadovaných zdrojů pro čtyři pánevní okresy a jejich energetická výtěžnost.

Tabelle 20 / Tabulka: Celková produkce slámy obilnin a řepky a sena z TTP v 85% sušině za pánevní okresy Ústeckého kraje

Kategorie výnosovosti	Chomutov t	Most t	Teplice t	Ústí nad Labem t	Celkem t
1	1317,44	1387,9	513,52	5876,49	9095,35
2	16520,12	6017,16	1553,39	2687,76	26778,43
3	8180,87	4706,71	4281,39	4203,55	21372,52
4	14059,55	5238,62	6093,44	7271,88	32663,49
5	30497,67	9791,09	11686,66	10660,55	62635,97
6	62728,4	20074,98	19978,35	13245,37	116027,1
7	43362,63	16590,09	14489,09	17934,59	92376,4
8	21925,6	25407,01	10240,95	5933,64	63507,2
Celkem t	**198 592**	**89 214**	**68 837**	**67 814**	**424 456**
Energetická výtěžnost GJ	**2 978 884**	**1 302 518**	**1 005 017**	**1 173 179**	**6 459 598**

Lesní těžební zbytky

Lesní těžební zbytky mohou tvořit až cca 45 hmotnostních procent vytěženého dřeva. Část zbytku tvoří pařezy, jehličí případně listy. Pro určení teoretického produkčního potenciálu byla převzata informace o roční těžbě v m3 po okresech zájmového území, přepočítána na hmotnost a z té odvozen produkční potenciál ve výši 45 hm. %. Pařezy a kořeny činí cca 15% proto jsme počítali pouze s množstvím 30% těžebních zbytků, které byly do kalkulace zahrnuty v syrovém stavu.

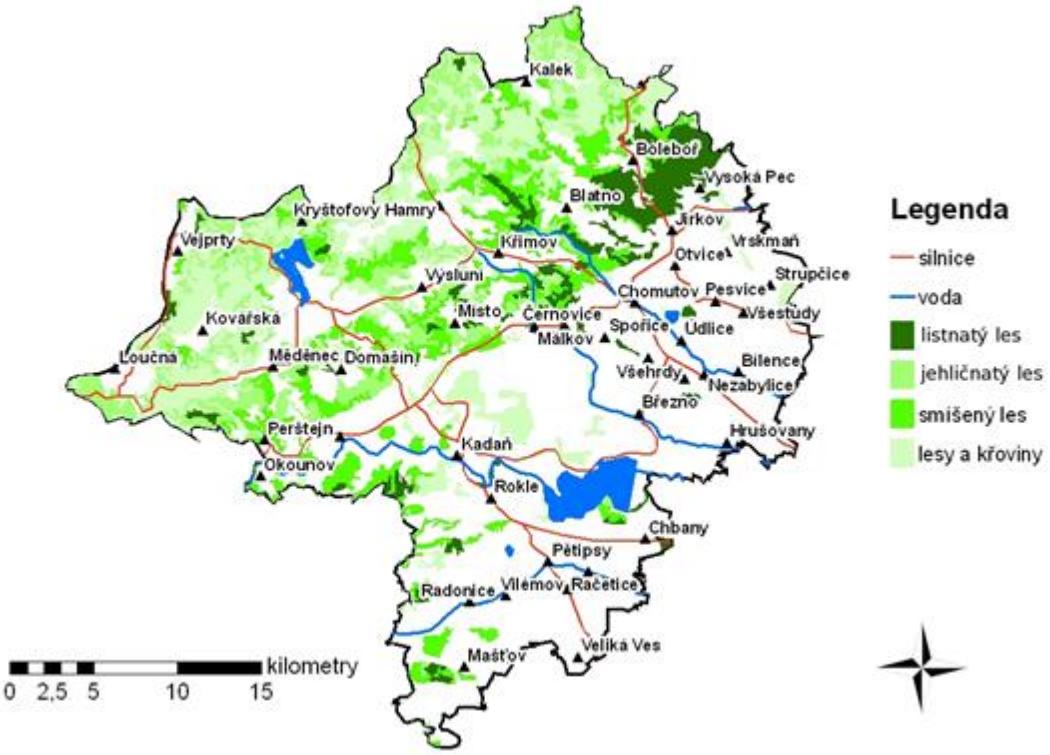


Abbildung 67 / Zobrazení: Kategorie druhů lesa v okrese Chomutov

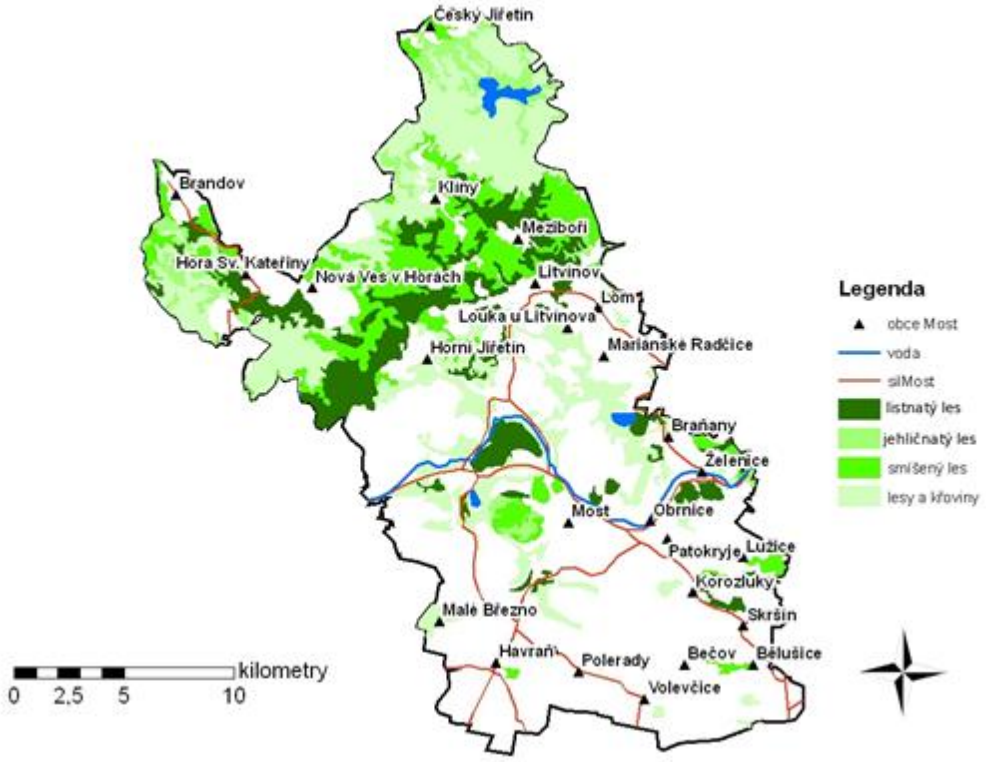


Abbildung 68 / Zobrazení: Kategorie druhů lesa v okrese Most

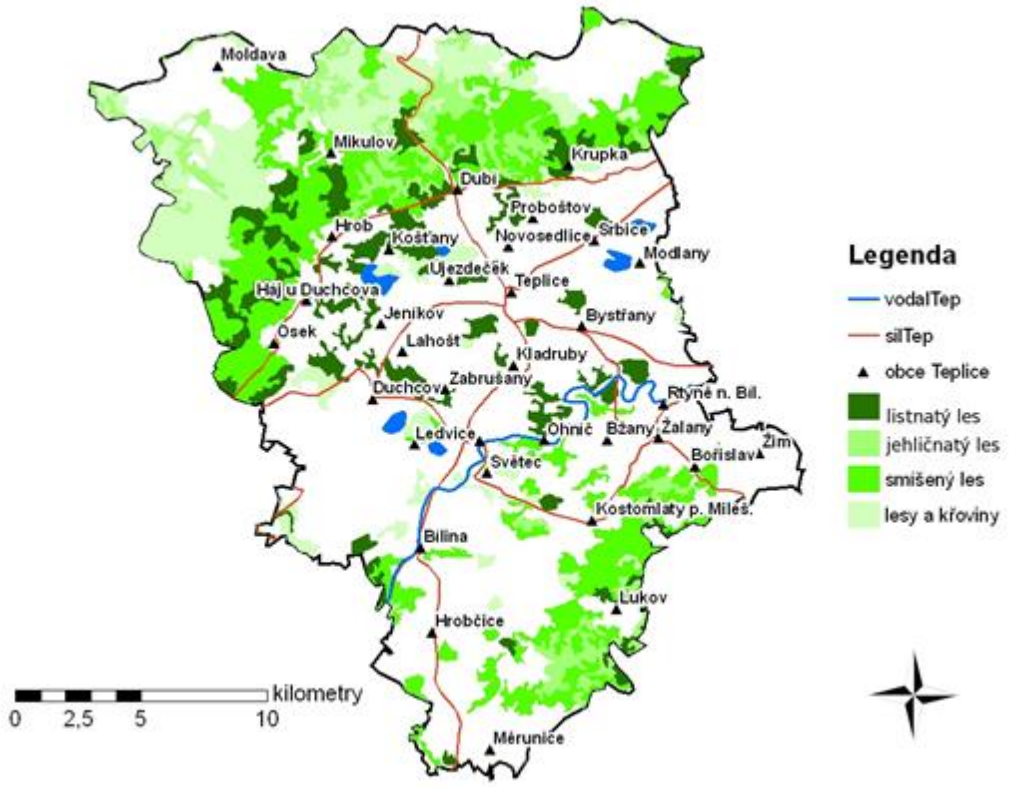


Abbildung 69 / Zobrazení: Kategorie druhů lesa v okrese Teplice

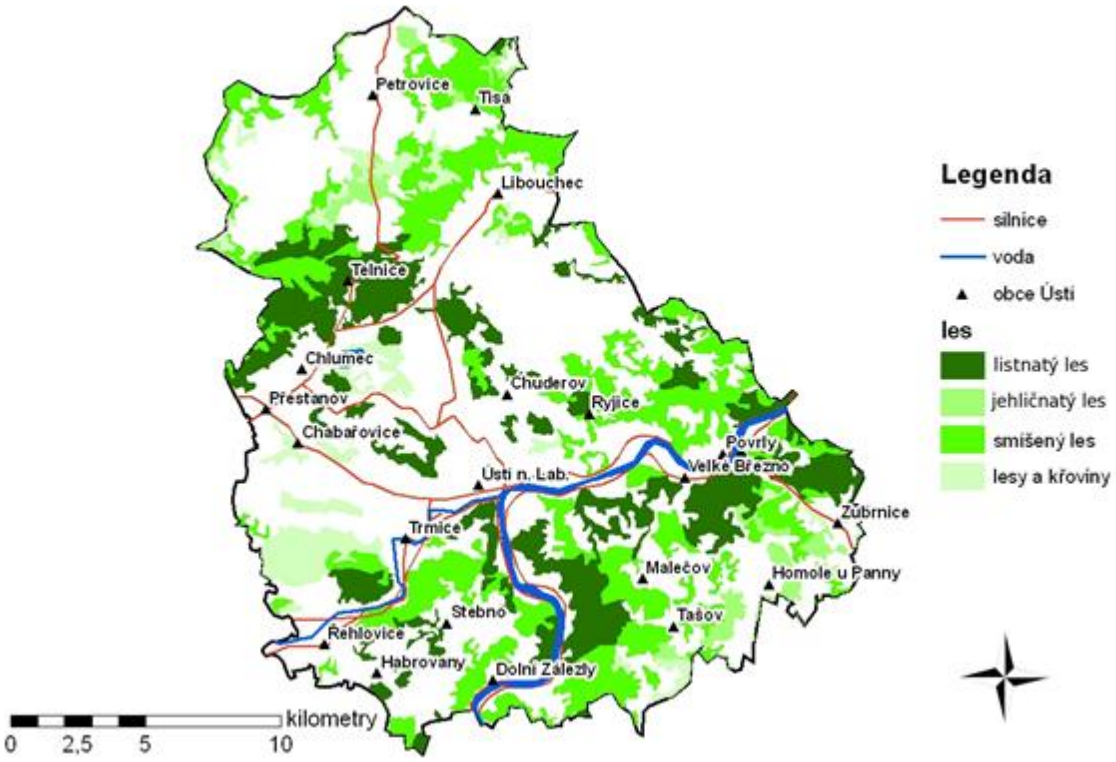


Abbildung 70 / Zobrazení: Kategorie druhů lesa v okrese Ústí nad Labem

V Ústeckém kraji ke kterému hodnocená území náleží byl v roce 2007 objem vytěženého dřeva 316 728 m^3 b.k. jehličnatého dřeva a 70 703 m^3 b.k. dřeva listnatého. V následující tabulce je vyčíslena hmotnost těžebního odpadu z hektaru produkčních ploch.

Tabelle 14 / Tabulka:Produkce využitelného těžebního dřevního odpadu z výměry lesů hodnocené oblasti

	výměra lesů	těžba	hmotnost těžby na ha	hmotnost těžebního odpadu	produkce na výměru
	ha	m^3/ha	kg /ha	t/ha 30% těžby	t surového dřeva
listnáče	36 574	1,93	1 798	0,54	19 726
jehličnany	103 948	3,05	2 300	0,69	71 739
celkem produkce odpadu na těžbu/ ha/ rok					**91 465**
energetický potenciál 5,6 GJ/t					**512204**

Souhrn

Teoretický energetický potenciál v sektorech využití bylinné biomasy z OP, TTP a dendromasy těžebních zbytků poskytuje přehled o možnostech produkce biomasy na hodnoceném území. Pro skutečné využití je z teoretického potenciálu k dispozici pouze malá hospodářsky využitelná část. Důvodem jsou specifická omezení a překážky, které jsou vysvětleny v předchozích kapitolách.

4.3 Vědecké hodnocení polních pokusů

4.3.1 Výsledky na německé straně

Na plochách kontaminovaných těžkými kovy v oblasti Freiberg byly pokusně pěstovány inovativní energetické rostliny jako surovina pro vytvoření regionálních a přeshraničních hodnotových řetězců.

Vysvětlivky k postupu (materiály a metody) i podrobnější informace o pěstování energetických plodinjsou uvedeny v publikované studii"Optimalizované pěstování biomasy na plochách kontaminovaných těžkými kovy v regionu Freiberg za uplatnění ověřených pěstebních postupů z rekultivovaných ploch po hnědouhelné těžbě na Chomutovsku“ zpracované v rámci projektu Cíl 3 „RekultA“ a „Odrůdová zahrada na pastevním statku Colmnitz zpráva o sklizni a měření březen 2011“. Fotografie z roku 2011 až 2013 z pokusných ploch na Německé straně euroregionu Krušnohoří jsou zveřejněny na webových stránkách projektu www.biomasse-freiberg.de Následují nejdůležitější výsledky z pěstebních pokusů projektu RekultA získané z pokusných ploch v Německu.

Cílem pokusů bylo odpovědět na následující otázky: Jak budou reagovat inovativní víceleté energetické plodinyz hlediska tvorby výnosu na klimatické podmínky v oblasti Freiberg, jak vysoký je jejich výnos v porovnání s kukuřicí, jak vysoký je příjem těžkých kovů a jsou-li energetické plodiny pro zemědělce ekonomicky zajímavé?

Vybrané energetické plodiny

Cílem projektu "RekultA" bylo využít dlouholeté zkušenosti Výzkumného ústavu rostlinné výroby s víceletým pěstováním energetických rostlin na rekultivovaných plochách po hnědouhelné těžbě a transfer těchto postupů na plochy kontaminované rizikovými kovy v oblasti Freiberg.

Na základě pozitivních vlastností vytrvalých energetických plodin ve srovnání s jednoletými zemědělskými plodinami, jakými jsou například snížení erozní ohrožení, žádná aplikace herbicidů po zapojení porostu, snížení emisí skleníkových plynů, zvýšení biologické rozmanitosti, habitaty pro hnízdění ptáků a pastvu včel, byly tyto vybrány jako vhodné pro pěstování na plochách kontaminovaných rizikovými kovy. Další kritéria výběru energetických rostlin byly mrazuvzdornost (vhodné do klimatických podmínek Freibergu), vysoký výnos, nízkýpříjem rizikových kovů (fytostabilizace), inovativní energetických rostlin (dosud v oblasti netestované), pozitivní výsledky z jiných polních pokusů a ekonomicky rentabilní energetické využití v bioplynových stanicích a / nebo kotelnách.

Byly pěstovány následující inovativní vytrvalé energetické plodiny:

- **Miskantus** (*Miscanthus giganteus)* pro spalování (3 odrůdy: Miscanthus x giganteus, Miscanthus Ilka a Miscanthus Nagara)
  na základě dlouholetých výsledků LfULG a jeho víceúčelového využití(surovinové/energetické) (Röhricht 2008)
- **Mužák prorostlý** (*Silphium perfoliatum*) k produkci bioplynu: zajímavé výsledky (výnosy a produkce metanu stejná jako u kukuřice) při pokusech s pěstováním na TTL nízký příjem rizikových kovů (Sauer 2011)
- **Chrastice rákosovitá** (*Phalaris arundinacae*) k výrobě bioplynu, spalovánía surovinovému využití (2 odrůdy: kanadská odrůda „Palaton“ a česká odrůda „Chrastava“): dlouholeté zkušenosti s pěstováním u českého projektového partnera (Honzik 2011)
- **Pýrovec** (Elymus elongatus) k výrobě bioplynu (odrůda: „Szarvasi“): díky výsledkům LLA Triesdorf (výsledky obdobné jako kukuřice) (Geißendörfer 2012a).
- **Odrůdy vrb a topolů**ke spalování (13 odrůd: topolové hybridy :Max 1, Max 3, Max 4, Hybrid 275, Beaupre, Muhle Larson, Androscoggin; hybridní vrby: Tordis, Tora, Inger, Sven, Torhild, Jorr)

Mezi partnery došlo k výměně osiva respektive sadby. Sadba mužáku byla poskytnuta českému partnerovi z Německa. Z Čech byla poskytnuta německému partnerovi chrastice odrůdy „Chrastava“ a „Palaton“.

Pokusné plochy

Polní pokusy jsou založeny jako poloprovozní to znamená, že jsou obhospodařovány běžnou technikou (Erhard 2006: 24). Ve sdružení pro biomasu Freiberg jsou sdruženy především regionální zemědělské společnosti. Tyto zemědělské provozy se zajímají o pokusné plochy,

které mohou poskytnou výsledky s vysokou vypovídací schopností na větších plochách aby bylo možné odvodit praktické zkušenosti které lze následně využít pro vlastní pěstování s realistickými růstovými charakteristikami i výnosy. U nádobových a maloparcelkových pokusů tomu tak není. Pokusné plochy byly využity pro vzdělávací účely, jako demonstrační a veřejné.

Pokusné plochy jsou lokalizovány v Colmnitz, Clausnitz, Weißenborn a Niederbobritzsch převážně v plánovací oblasti Freiberg.

Plochy se nacházejí v podhůří Krušných hor v nadmořské výšce 400 až 900 metrů často na plochách s vysokým sklonem. Díky nadmořské výšce je nástup vegetace poněkud opožděn proti saským rovinným stanovištím, rovněž prohřívání půdy je pomalejší, což ovlivňuje produkční charakteristiky. Půdy jsou tvořeny zvětralinami s vysokou kamenitostí. Díky svahovým polohám zde hrozí zvýšené erozní ohrožení (FNR-LfULG 2012: 9).

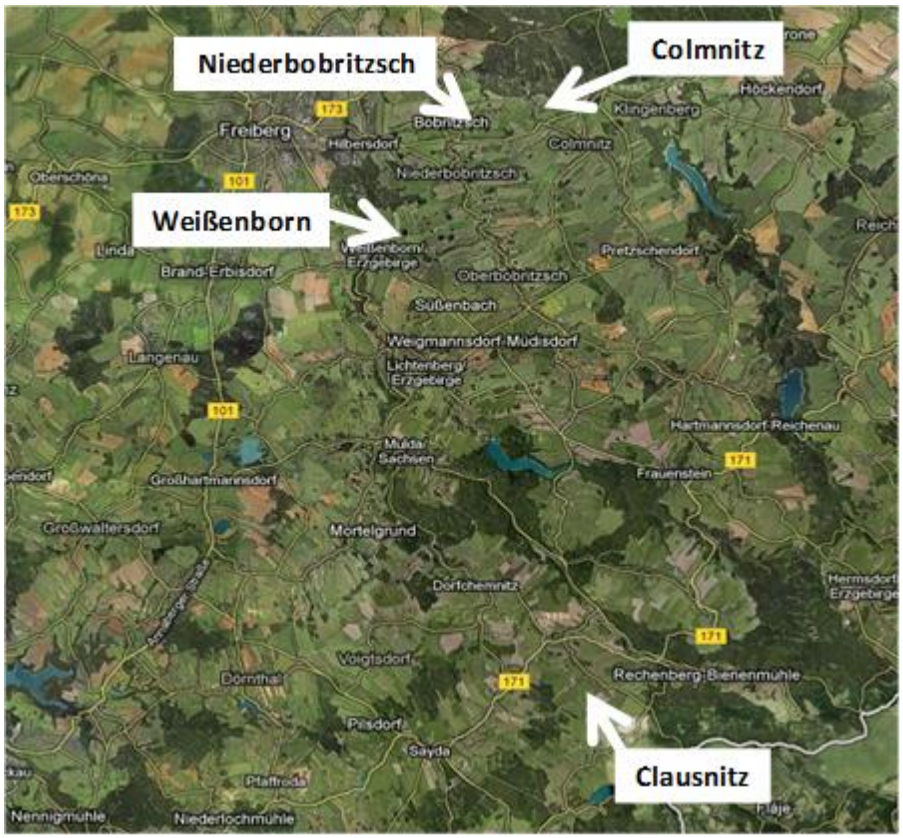


Abbildung 71 / Zobrazení: Poloha pokusných ploch (Google earth 2013)

Z následující tabulky lze vyčíst obsahy arzénu, kadmia, olova a zinku v půdách na všech analyzovaných stanovištích. Protože jsou veškeré plochy orná půda byly hraniční hodnoty určeny podle BBodSchV (nařízení o ochraně půdy)pro ornou půdu. U kadima a olova byly hraniční hodnoty překročeny. Kontaminace těžkými kovy je na stabovišti s pýrovcem nejnižší. Obsahy arzénu byly v Colmnitz proti stanovišti Niederbobritzsch a Weißenborn nejvyšší. Pro kadmium a zinek nebylo možné najít jednoznačné závislosti. Koncentrace olova byla u stanovišť Niederbobritzsch a Weißenborn podobné. Stanoviště Colmnitz mělo naopak nižší

obsah olova. Pro jiné těžké kovy jako je měď a nikl , pro jaké hraniční hodnoty.

Tabelle 21 / Tabulky: výsledky analýz na pokusných plochách ve vzorcích mineralizovaných lučavkou královskou a v extraktu dusičnanem amonným, obsahy v mg/kg sušiny hraniční hodnoty podle BBodSchV (nařízení pro ochranu půdy)

	Parzellen	alle		Silphie		Rohrglanzgras "Palaton"		Grenz-wert
	Zeitpunkt	Mai 11	Mrz 12	Herbst 2012	Herbst 2013	Jun 13	Sep 13	
As	Colmnitz	84,1	83,7	46,5	90,76	16,6	57,5	KW:
	Niederbobritzsc	36,8	60,7	28,7	59,54	16,3	65,67	200 (Acker)
	Weißenborn	31,2	52,1	25,1	45,14	14,8	54,77	50 (Grün-land)
Cd	Colmnitz	1,88	1,41	1,53	1,33	1,56	1,76	KW:
					0,81*		1,12*	20
	Niederbobritzsc	1,64	1,55	1,84	1,74	1,46	1,64	(Grünland)
					0,58*		0,34*	AN:
	Weißenborn	2,16	1,12	1,54	1,18	1,22	1,39	0,1 (Acker)
					0,09*		0,09*	
Pb	Colmnitz	138	132	138	141,16	109	121,45	KW:
					1,67*		1,39*	1200
	Niederbobritzsc	228	180	188	204,3	182	219,55	(Grünl.)
					0,82*		0,5*	AN:
	Weißenborn	226	173	194	178,16	159	207,26	0,1 (Acker)
					0,23*		0,24*	
Zn	Colmnitz	194	178	177	159,08	182	193,25	Nur bei einge-schränk. Wachstum AN
	Niederbobritzsc	279	194	204	182,59	181	175,39	2
	Weißenborn	215	239	260	229,73	231	247.20	
As	**Szarvasi**		9,28					s.o.
Cd	Juli 201	**KW**	0,479	**AN**	0,17*			s.o.
Pb	Clausnitz		73,58		0,50*			s.o.
Zn			154,53					s.o.

Klimatická data byla zaznamenána v blízkosti pokusných ploch a to meteorologickými stanicemi ve Freibergu-Zug a Klingenbergu.

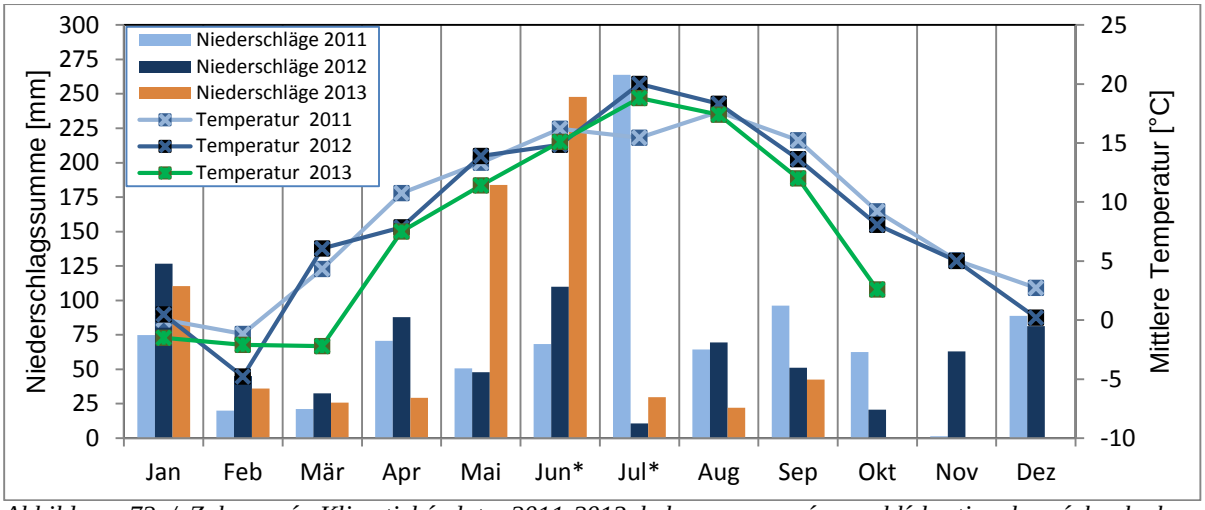


*Abbildung 72 / Zobrazení: Klimatická data 2011-2013 byla zaznamenána v blízkosti pokusných ploch a to meteorologickými stanicemi ve Freibergu-Zug (*od 30.06.2012 do 27.07.2012 byla provedena z technických důvodů, bez měření teploty a srážek) (Fachschulzentrum Freiberg-Zug 2013)*

Založení pokusu/ Metodika

Pokusné plochy RekultA byly sledovány od června 2011 do října 2013. Pokusná plocha v Clausnitz je poloprovozní pokus o výměře 3,35 ha.Každá parcela na stanovištích (Niederbobritzsch, Colmnitz a Weißenborn) má obdobné rozložení parcel. Jedná se o celkem 6 parcel rozdělených na polovinu (dvě parcely od každé plodiny) (viz zobrazení). Na každém stanovišti byla předpokládána výměra 2000 m² mužáku, 800 m² chrastice a miscanthu. Kolekce vrb a topolů se nachází na výměře 0,8 ha v Colmnitz, bezprostředně u pokusných ploch RekultA.

Aby byly zodpovězeny otázky týkající se vývoje porostu byly prováděny několikeré kontroly vzcházení a kontroly vyzimování porostů. Výnos v původní hmotě byl zjišťován vážením odebraných vzorků.Stanovení hmotnosti suchého vzorku bylo zjištěno po vysušení vzorku v sušárně, následně byl proveden přepočet z původní hmotnosti. Obsahy rizikových prvků v půdách a rostlinách zjišťovalo oddělení ekotoxikologie VÚRV, v.v.i. v Chomutově v mineralizátu lučavkou královskou.

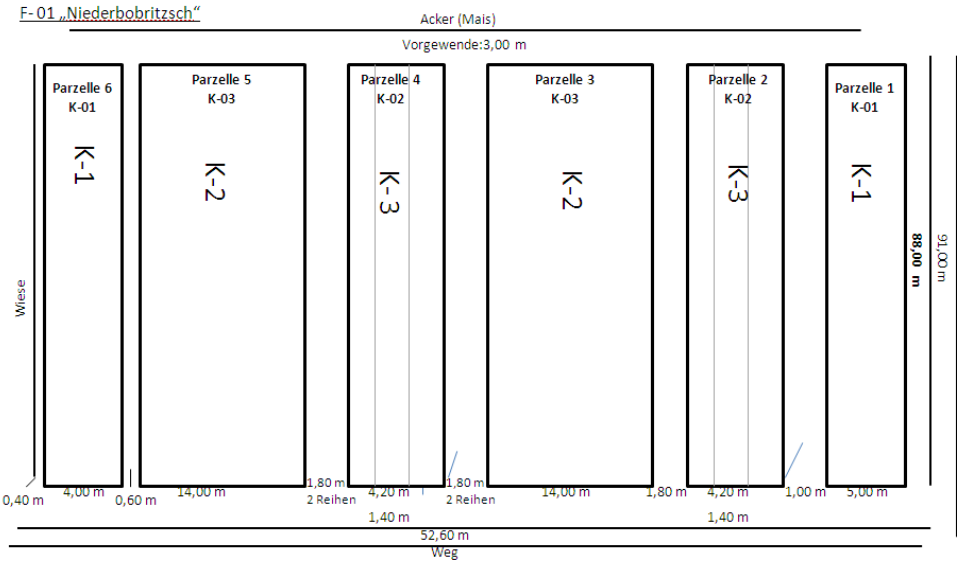


Abbildung 73 / Zobrazení: Schéma pokusu lokalita Niederbobritzsch (K-1= chrastice „Palaton“, K2= mužák prorostlý, K-3= 3 rozdílné plodiny na stanovištích miscanthus „Amuri“, „Naraga“, „Miscanthus giganteus“ po zaorání miscanthu zde byla od června 2014 zaseta chrastice „Chrastava“)

Výsledky sklizně vrb a topolů na ploše v Colmnitz

Plantáž vrb a topolu jako RRD byla založena v roce 2007 a 31.03.2011 sklizena pomocí mechanizované sklizně (sklízecí řezačka s adaptérem pro sklizeň a štěpkování dřevin). Kořeny zůstaly v pudě a znovu obrostly.

Abbildung 74 / Zobrazení: Sklizeň plantáže RRD

Abbildung 75 / Zobrazení: Mezisklad štěpky

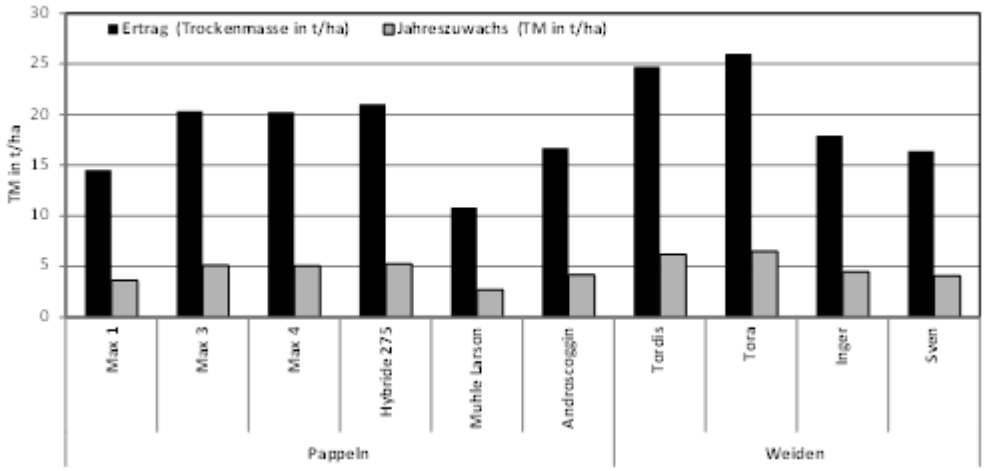


Abbildung 76 / Zobrazení: Výnos a a roční přírůstek vybraných odrůd vrb a topolů

Dle zkušeností se dosahuje ročního přírůstku u střednědlouhého obmýtí 10 až 12 tun sušiny z ha v rozpětí výnosů který kolísá mezi dle stanoviště a odrůdy mezi 6 až 25 tunami sušiny z ha (Röhricht et al. 2009). Výnosy v Colmnitz dosahují pouze 3 až 7 tun sušiny z ha a jsou vysvětlovány špatnými přírůstky, sklizňovými ztrátami, stanovištěm (nízká bonita půdy a vysoká kamenitost) a nízká hustota výsadby.

Výsledky pěstování mužáku prorostlého

Mužák prorostlý byl sázen na intenzivně připravené plochy v termínu od 11 do 15 června 2011. V tomto roce se vyvinula přízemní listová růžice. Problematický byl vysoký tlak plevelů díky mezerovitosti porostu, plevele byly likvidovány jednak mechanicky a rovněž pomocí herbicidů (stomp aqua). Pří prvních mrazících odumřela nadzemní biomasa mužáku a na jaře roku 2012 rostliny znovu obrazily.Škody způsobené vyzimováním v zimě 2011/2012 a 2012/2013 byly odhadnuty na 2 %. V roce 2012 proběhlo hnojení minerálními hnojivy a v roce 2013 hnojení organické. Byly dodrženy plánované hodnoty množství dusíku 100 kg/ha. Rostliny dosáhly výšky cca 2,6 m. V roce 2012 rostliny v červenci až srpnu poprvé kvetly a zajišťovaly díky dostatku nektaru pastvu pro včely a ostatní hmyz.

září 2011

červenec 2012

srpen 2013

V roce 2012 i 2013 proběhla v měsících září/říjen sklizeň běžnou sklízecí řezačkou s kukuřičným adaptérem, biomasa byla bez potíží pokusně využita v regionálních bioplynových stanicích. V porostech se nevyskytovaly žádné choroby ani škůdci, byl zaznamenán pouze výskyt hrabošů a hlemýžďů.Rostlina může byt ponechána na stanovišti až 20 let a každoročně sečena je třeba pouze dodržet jarní přihnojení.

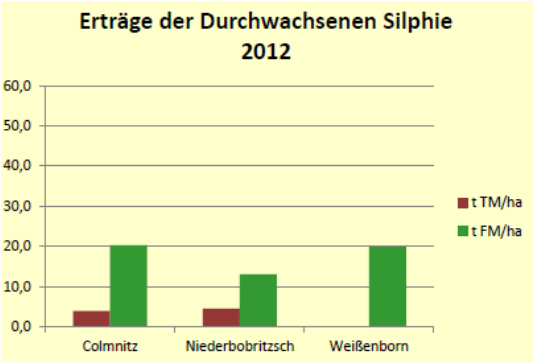


Abbildung 77 / Zobrazení Mužák prorostlý sklizeň 2012

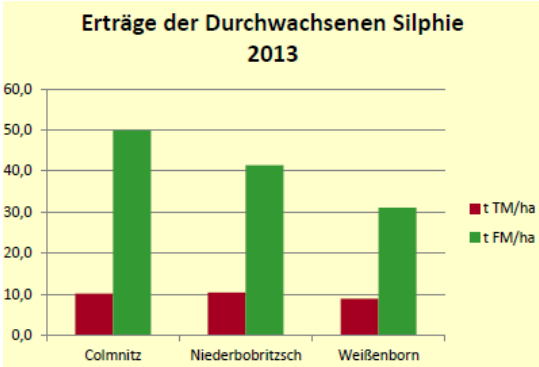


Abbildung 78 / Zobrazení Mužák prorostlý sklizeň 2013

Nižší výnosy sklizně 2012 jsou způsobeny jednak prvním sklizní po výsadbě, kdy se porost

plně nezregeneroval po tlaku plevelů a rovněž i pozdním termínem sklizně, kdy říjnová sklizeň proběhla když byly listy rostliny již černé a zavadlé. V roce 2013 byl výnos v původní hmotě 1,6 až 3,2 x vyšší než v roce 2012 a dosahoval 49,9 tun původní hmoty z ha se sušinou od 20 do 27 %. Přesná datao ekonomice pěstování mužáku v různých podmínkách jsou uvedena v těchto pramenech (TLL2013: 61ff; KTBL 2012; TLL-Vetter 2010; Fromhagen et al. 2013). V těchto studiích uvedené skutečnosti můžeme shrnout následujícím způsobem: vysoké investiční náklady na založení prostu mužáku jsou kompenzovány malým počtem pracovních operací v následujících letech, dlouhou životností porostu a výnosem biomasy, která se takřka vyrovná výnosu kukuřice (Vetter 2010: 45).

Zakládání porostu přímým výsevemby bylo levnější, ale pro jeho realizaci je třeba výzkumných prací pro identifikaci vhodných herbicidů, výsevního množství, úpravu osiva a volbu optimálního způsobu pěstování.

Výsledky pěstování miskantu

V termínu 11. až 15. července 2011 byly na pokusné plochy vysazeny mladé rostliny Miscanthu (Miscanthus x giganteus; Miscanthus Ilka; miscanthus Nagara). Rostliny byly sázeny ručně do řad vzdálených 70 cm od sebe do až 30 cm hlubokých rýh.

RekultA-Versuchsflächen	Colmnitz		Weißenborn		Niederbobritzsch	
	Halmlänge	Halmanzahl/Pfl.	Halmlänge	Halmanzahl/Pfl.	Halmlänge	Halmanzahl/Pfl.
Miscanthus x giganteus	48	4	47	6	63	9
Miscanthus Ilka	52	5	55	9	66	7
Miscanthus Nagara	54	10	57	16	66	7

Abbildung 79 / Zobrazení: Výsledky bonitace provedené 3. a 4. 11. 2011(počet a délka a stébel) miscanthu na všech RekultA pokusných plochách

V listopadu 2011 měly některé rostliny délku stébla až 66 cm a až 16 stébel na rostlinu. Ideální by byl stav kdy by rostliny dosahovaly výšky 1,20 m a 10 až 20 stébel na rostlinu (C.S.P. GmbH 2012). Mskanthus odrůdy Nagara měl na všech pokusných plochách nejvyšší počet stébel na rostlinu, jinak nebyly u všech vysazených druhů patrné větší odlišnosti vývoje porostu.

červenec 2011

listopad 2011

Myší díry u kořenů v listopadu 2011

Pří bonitaci porostu v květnu 2012 vymrzlo a znovu neobrazilo 61% rostliny v lokalitě Niederbobritzsch, 87% v Colmnitz a 71% ve Weißenborn viz zobrazení.

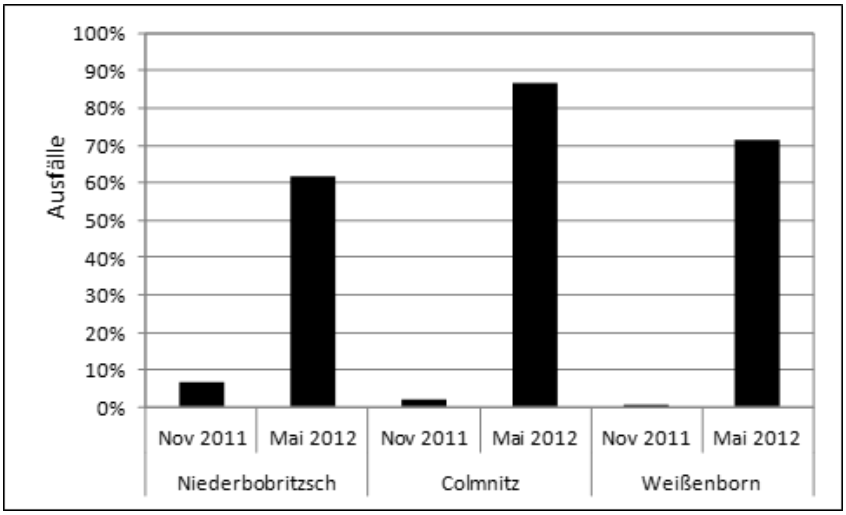


Abbildung 80 / Zobrazení 34Počet vymrzlých rostlin tří testovaných odrůd miskantu na pokusných plochách projektu RekultA

Pro miskantus je přezimování pro tvorbu zapojeného porostu v první zimě kritické (Röhricht 2006). Mladé rostliny jsou sázeny až 30 cm hluboko a v roce 2011 byla dlouhá vegetační perioda která trvala až do poloviny měsíce listopadu. Vysoký počet vymrzlých rostlin lze vysvětlit nejspíše takto: pozdní výsadba v červenci 2011 optimální by byl květen (díky suchu a pozdním mrazíkům bylo sázeno až v červenci), byl zaznamenán vysoký tlak plevelů (byla prováděna mechanická a chemická opatření eliminující výskyt plevelů), v únoru 2012 dosahovaly v pěstebních lokalitách holomrazy až -18°C. Toto 14 denní mrazové období díky citlivosti na přezimování v prvním roce nejspíše způsobilo vysoké procento vymrznutí. Dosazování nebylo z ekonomických důvodů provedeno, rovněž chyběl odběratel této biomasy, který by zaplatil za tuto biomasu rozumnou cenu. V květnu 2012 byly pokusné plochy s miskantem posečeny a začátkem června ošetřeny totálním herbicidem. Následně byla po mechanickém zpracování půdy na tyto plochy na lokalitě Weißenborn a Niederbobritzsch zaseta chrastice rákosovitá odrůdy Chrastava.

Výsledky chrastice rákosovité odrůdy Chrastava

Na základě pozitivních výsledků s kanadskou odrůdou chrastice Palaton měla být testována česká odrůda chrastice rákosovité. Odrůda Chrastava byla vyseta na plochách po miskantu na lokalitě Weißenborn a Niederbobritzsch. Pro výsevní šířku (1,8 m) nebyl k dispozici žádný secí stroj, proto nemohla být oseta i lokalita Colmnitz. Výsev na obou výše uvedených lokalitách proběhl 27. července 2012 s výsevkem 2,8 g/m² .

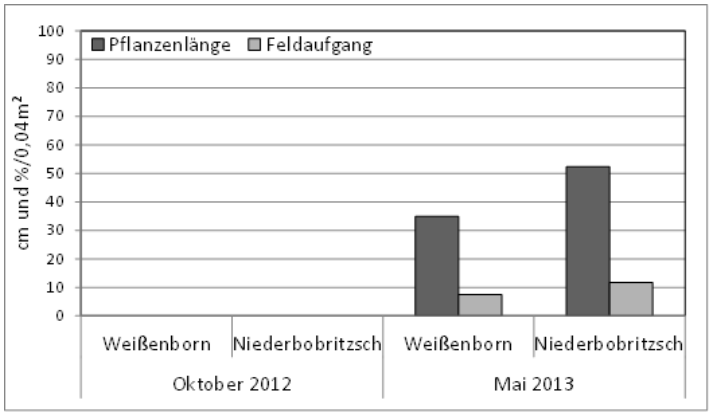


Abbildung 81 / Zobrazení: Vývoj a kontrola vzcházení odrůdy chrastice Chrastava

Abbildung 82 / Zobrazení: Chrastice Chrastava 23. května 2013 ve Weißenborn

V říjnu 2012 byla provedena první kontrola vzcházení, k tomuto datu nemohly být na pokusných parcelách žádné údaje k vzcházení a délce rostlin, neboť nebyly žádné rostlin patrné. Plevel na pokusných parcelách dominoval a tvořil zapojený porost do výšky 80 cm. Špatné vzcházení bylo způsobeno špatnou klíčivostí osiva. Při stanovení klíčivostiu našeho kooperačního partnera v institutu ekotoxikologie v Chomutově byla stanovena klíčivost 16% (Honzík 2013). Při bonitaci v květnu 2013 vzešlo cca 7 – 11% rostlin což odpovídá výše uvedenému stanovení klíčivosti. U některých rostlin bylo zjištěno padlí. Proto se nepodařilo zjistit zda je česká odrůda chrastice Chrastava vhodná pro pěstování v okolí Freibergu. Hlavní příčinou byla nízká klíčivost osiva, proto byly pokusné plochy opět zaorány.

Výsledky pěstování chrastice odrůdy Palaton

Chrastice odrůdy Palaton byla seta s výsevkem odpovídajícím 20 kg/ha v termínu od 07.07.2011 do 13.07.2011. Hodnoty vzcházení se neustále vyvíjely, při bonitaci porostu v listopadu 2011 vzešlo cca 35 % rostlin tvořících mezerovitý porost, v květnu pak vzešlo cca 65% rostlin s průměrnou délkou 78 cm, až po vytvoření zapojeného porostu v květnu 2013 (vzcházivost 93 %). Počet plevelů se snižoval se zvyšující se pokryvností trávy a prováděným mechanickým a manuálním ošetřením.U některých rostlin byl zaznamenán výskyt padlí. Plánované hnojení porostů proběhlo vždy na jaře a po sklizni.

srpen 2011

březen 2012

květen 2012

Sklizen chrastice odrůdy Palaton proběhla poprvé 25 a 26 května 2012 a v roce 2013 12 července a 27 září. Dvojnásobná sklizeň v roce v létě a na podzim je vhodná pro využití této

trávy v bioplynových stanicích a sklizeň jednorázová v zimě by měla být určena pro získávání biomasy pro přímé spalování. Plánovaná zimní sklizeň 2012/2013 nemohla být realizována díky vysoké sněhové pokrývce a polehlosti porostu. V průběhu let 2012 a 2013 byly sklizené rostliny pokusně spolu s dalšími materiály (nízká hmotnost sklizeného materiálu) bezproblémově kofermentovány v bioplynových stanicích. Očekávaný výnos 10 až 14 tun sušiny z ha nebyl díky mezerovitosti porostu v roce 2012 dosažen. V roce 2013 bylo dosaženo průměrných výnosů 12 tun sušiny z ha což odpovídá průměrnému výnosu.

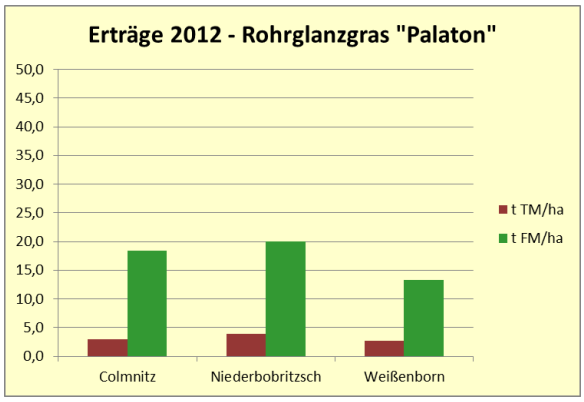


*Abbildung 83 /*Zobrazení: Výnos chrastice odrůdy"Palaton"v roce 2012

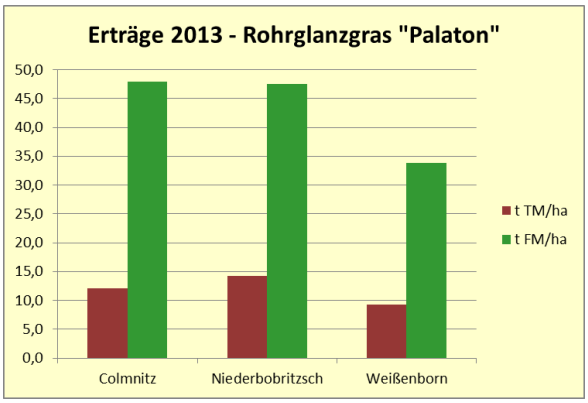


Abbildung 84 / Zobrazení: Výnos chrastice odrůdy"Palaton"v roce 2013

První hospodářské vyhodnocení oddělení ekotoxikologie VÚRV v Chomutově ukazují, že je k pěstování chrastice potřeba nižších investičních nákladů na tunu vyprodukované biomasy než u tuny kukuřice (Usťak et al. 2012). Pro přesné vyhodnocení by bylo vhodné zohlednit i přípravu siláže a výnos metanu (cenu metanu) a rovněž i ztráty vzniklé pří silážování, které jsou dle tvrzení (Usťak et al. 2012) obdobné jako u kukuřice.

Výsledky pěstování pýrovce „Szarvasi 1“

V zemědělském družstvu „Bergland“ Clausnitz byly na dvou plocháchna podzim 2011 a jaře 2012 založeny poloprovozní pokusy s pýrovcem „Szarvasi1“ na dvou parcelách s celkovou výměrou 3,35 ha.

Tabelle 22 / Tabulka: Agrotechnika na plochách s pýrovcem „Szarvasi"

	Plocha 1	**Plocha 2**
kultura	orná	TTP
předplodina	Tritikále	TTP
výměra	1,35 ha	2,00 ha
příprava půdy	podmítka, diskové brány 28.08.2011 minerální hnojení 31.8.2011	likvidace drnu (totální herbicid) 4 x diskování
výsevek	30 kg/ha	30 kg/ha
termín setí	01.09.2011	14.05.2012
opatření po zasetí	válení 2.09.2011	válení 14.05.2012

hnojení	minerální hnojení 24.03.2012, 23.06.2013	organické hnojení (stabilizát bioplyn) 31.07.2012, 16.04.2013 a 5.08.2013
aplikace herbicidů	dne 25.04.2013 protivýdrolu a merlíku	dne 09.07.2012 proti plevelům

Na ploše 1 proběhla pro minimalizaci výskytu plevelů a zahuštění porostu 20 května 2012 první seč a 23 července se uskutečnila seč druhá.Přesto byl porost velmi mezerovitý (60% vzcházivost) díky nižší kličivosti a vysokému tlaku plevelů. Proto bylo rozhodnuto o likvidaci porostu a dne 25. července proběhla aplikace totálního herbicidu. Mezerovitý porost je možné vysvětlit pomalým růstem nadzemní části rostliny (za dva měsíce přírůstek nadzemní části 10 cm, přírůstek kořenů 3 m), před setím bylo provedeno hnojenícož zvýšilo konkurenční tlak plevelů, kterým tato energetická rostlina nemohla ododlat.

Na ploše 2 bylo vyseto Szarvasi v květnu 2012, pro nalezení optimálního termínu setí proti ploše 1 a rovněž z ekonomického hlediska: čím delší je vývoj rostliny před zimním obdobím tím vyšší je výnos v dalším pěstebním roce (Geißendörfer 2012). Za cca 4 týdny po termínu setí v červenci 2012 vzešlo pouze málo rostlin zatímco po termínu setí v květnu 2013 bylo možno identifikovat cca 79 % vzešlých rostlin. První sklizeň proběhla 28. července 2013 coý byl pozdní termín sklizně která měl zajistit aby se porost zahustil pomocí samovýsevu. Následně byla sklizená biomasa usušena a využita jako seno, protože díky pozdní sklizni nezajišťovala kvalita biomasy využití v bioplynové stanici. Druhá sklizeň proběhla 30. září 2013 byla silážována a následně byla provedena její bezproblémová kofermentace v bioplynové stanici.

červenec 2012 (plocha 2)

květen 2013 (plocha 2)

září 2013 (plocha 2)

V prvním termínu seče bylo sklizeno 14,8 tun čerstvé biomasy z ha pří sušine 62,5%. Druhá sklizeň pak poskytla dalších 5,48 tun biomasy z ha v původní hmotnosti o sušině 38%. Tomu odpovídá celková hmotnost biomasy v sušině v roce 2013 11,3 t sušiny z ha což leží významně pod průměrnýmy deklarovanými výnosy. Při zohlednění pozdního termínu sklizně první seče mezerovitého porostu a nadmořské výšky stanoviště mohou být dosažené výsledky vyhodnoceny jako dobré. Setí pýrovce začátkem léta je pro toto stanoviště optimální.

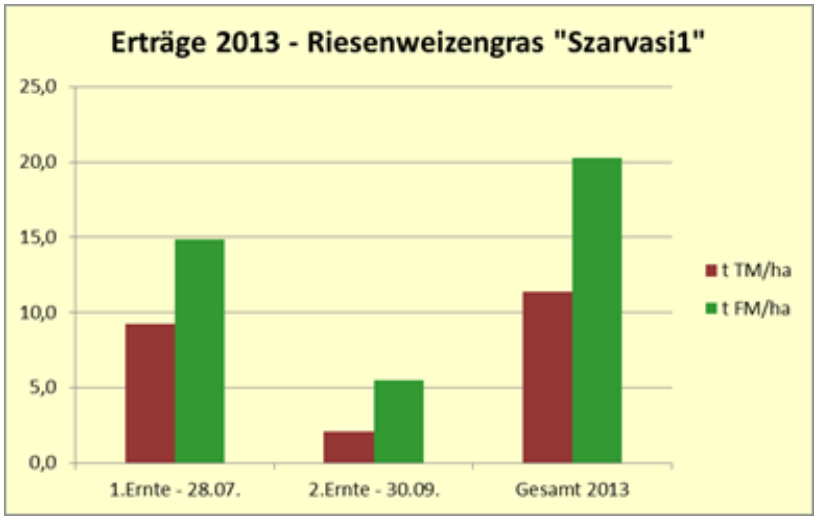


Abbildung 85 / Zobrazení: Výnospýrovce „Szarvasi“na ploše 2 v Clausnitz

Ekonomická analýza produkce pýrovce byla provedena na Institutu v Triesdorfu, kdy bylo zjištěno, že je pýrovec z ekonomického hlediska alternativou k silážní kukuřici (LLA Triesdorf 2012).

Analýza těžkých kovů

Výzkumy obsahu těžkých kovů a arzénu v půdě a rostlinách byly prováděny obdobně jako v zemědělských provozech a to dílčími náhodnými odběry. Proto nemohly být zjištěné výsledky podrobeny statistické analýze což nebylo z důvodu co nejbližšího praxi blízkého vedení pokusů rovněž možné. Protože jsou všechny pokusné plochy na orné půdě byly použití limity platné pro ornou půdu. V případě hodnocení pro TTP překročily obsahy hraniční hodnoty pouze ve třech případech.

Tabelle 23 / Tabulka: Výsledky analýz energetických rostlin obsahy rizikových prvků v mg/kg sušiny vzorku

	parcela	chrasticerákosovitá „Palaton“		mužákprorostlý	pýrovec Szarvasi
	Termín odběru	květen 2011	červenec 2012	podzim 2012	červenec 2013
As	Colmnitz	0,18	0,18	0,47	-
	Niederbobritzsch	0,23	0,25	0,86	-
	Weißenborn	0,24	0,16	0,40	-
Cd	Colmnitz	1,34	0,09	1,16	-
	Niederbobritzsch	1,54	0,06	0,85	-
	Weißenborn	0,15	0,07	0,04	-
Pb	Colmnitz	0,18	0,31	3,12	-
	Niederbobritzsch	0,19	0,29	10,88	-
	Weißenborn	0,24	0,34	3,63	-
Zn	Colmnitz	70,2	80,9	45,9	-
	Niederbobritzsch	60,1	53,4	51,5	-
	Weißenborn	37,6	41,0	15,6	-

As	Clausnitz	-	-	-	0,08
Cd		-	-	-	0,10
Pb		-	-	-	0,75
Zn		-	-	-	13,1

U arzénu a olova byly u mužáku prorostlého zjištěny vyšší obsahy ve vzorku než u chrastice rákosovité. Na jednom stanovišti byla překročena norma pro olovo u krmiv. U jiných analýz byly pro kadmium v mužáku prorostlém pří vyšších koncentracích kadmia v půdě zjištěny spíše nižší hodnoty (Sauer 2013). V ojedinělých případech byly u krmiv překročeny hraniční hodnoty pro kadmium. Podstatný podíl kontaminace zemědělských produktů rizikovými prvky je způsoben znečištěním způsobeným ulpělými půdními částicemi. Toto znečištění lze pomocí odpovídajících agrotechnických a technických opatření minimalizovat případně zcela eliminovat.

Souhrn

Výnosy na jednotlivých stanovištích jsou ovlivňovány klimatickými a stanovištními podmínkami (úrodnost půdy). Aby bylo možné porovnat výnosy biomasy z různých stanovišť byly porovnávány s výnosy kukuřice, která je kulturou sloužící jako standard.V následující grafice jsou zobrazeny zjištěné výnosy v sušině pro mužák prorostlý, chrastici rákosovitou „Palaton“ a pýrovec „Szarvasi1“.

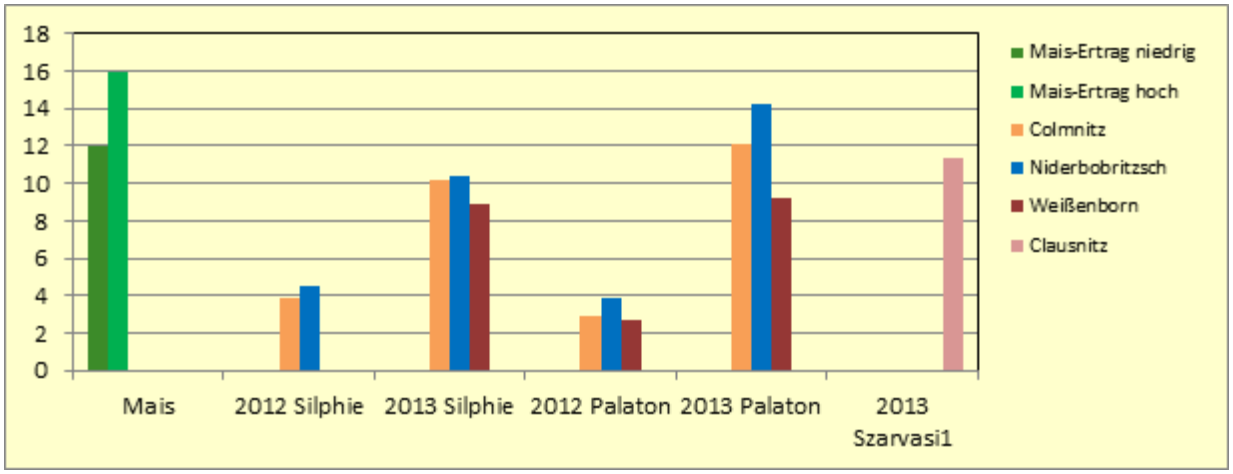


Abbildung 86 / Zobrazení: Přehled výnosů sušiny energetických plodin ve srovnání s výnosy kukuřice (t sušiny/ha)

V sušině dosáhly všechny hodnocené plodiny nižších výnosů než kukuřice což bylo způsobené mezerovitými porosty a vysokým tlakem plevelů případně první sečí chrastice „Palaton“. Výnos pýrovce „Szarvasi“ na ploše 2 se v roce 2013 díky dvěma sečím přiblížil výnosu kukuřice na nižší výnosové hladině. V roce 2013 dosáhly mužák a chrastice vyšších výnosů sušiny na všech stanovištích nedosáhly však výnosu kukuřice. Závěrem je třeba konstatovat, že mužák prorostlý je od 2 produkčního roku díky výnosu čerstvé hmoty i sušiny vhodnou energetickou plodinou. Rovněž chrastice rákosovitá odrůdy „Palaton“ může pří dvojnásobné seči být také využívána jako energetická plodina. Pýrovec „Szarvasi“ by měl být nadále sledován pro jeho nesporný potenciál, proto by měla být provedena optimalizace

agrotechnických opatření zvyšujících výnos a rovněž stanoveny vhodné termíny sklizně pro silážování i přímé využití v bioplynových stanicích.

Ve vztahu k obsahu těžkých kovů v půdě a rostlině je vědecká analýza obtížná neboť jsou k dispozici pouze výsledky ze dvou vegetačních období, které jsou navíc velmi rozdílné. Protože se jedná o víceleté rostliny lze vědecky podpořené výpovědi o výnosech, obsahu rizikových prvků a ekonomice produkce učinit až po nejméně 10 letech produkce.

4.3.2 Výsledky na české straně

Byly pěstovány následující inovativní vytrvalé energetické plodiny:

- **Miskantus** (*Miscanthus giganteus)* pro spalování (3 odrůdy: Miscanthus x giganteus, Miscanthus Ilka a Miscanthus Nagara)
  na základě dlouholetých výsledků LfULG a jeho víceúčelového využití(surovinové/energetické) (Röhricht 2008)
- **Mužák prorostlý** (*Silphium perfoliatum*) k produkci bioplynu: zajímavé výsledky (výnosy a produkce metanu stejná jako u kukuřice) při pokusech s pěstováním na TTL nízký příjem rizikových kovů (Sauer 2011)
- **Chrastice rákosovitá** (*Phalaris arundinacae*) k výrobě bioplynu, spalovánía surovinovému využití (2 odrůdy: kanadská odrůda „Palaton“ a česká odrůda „Chrastava“): dlouholeté zkušenosti s pěstováním u českého projektového partnera (Honzik 2011)
- **Šťovík OK2** *(R. Tianschanicus x R. Patientia)* k výrobě biolpynu,spalování a jako krmivo dlouholeté zkušenosti s pěstováním u českého partnera (Usťak 2011)
- **Konopí**(Cannabis sativa L.): Využití konopná vlákna pro textil a pro spalování
- **Mais** (Zea mays L.) : jako krmivo a potraviny pro výrobu bioplynu, k materiálovému využití jako plast

Mezi partnery došlo k výměně osiva respektive sadby. Sadba mužáku byla poskytnuta českému partnerovi z Německa. Z Čech byla poskytnuta německému partnerovi chrastice odrůdy „Chrastava“ a „Palaton“.

Výsledky chrastice odrůdy „Chrastava“

Chrastice odrůdy „Chrastava“ byla seta v termínu od 01.08.2011 do 21.08.2011 na pokusných plochách s výsevkem 20 kg/ha. Hustota porostu se průběžně měnila od 35 % v listopadu 2011 do 95% v květnu 2012. Hnojení probíhalo na jaře a po sklizni.

Zapojený porost chrastice 2012

Detail porostu chrastice odrůdy Chrastava

Tabelle 24 /Tabulka chrastice odrůdy "Chrastava"

Výnosy suché biomasy v t ha^{-1} ve 4 úrovních hnojení

Chomutov					
hnojení	-	N0	N1	N2	N3
2012	-	5,54	6,45	6,98	7,66
2013	-	8,01	9,35	10,84	9,40
Průměr 2012-13	-	6,76	7,9	8,91	8,53

Poznámky: hnojení N (kg.ha-1): N0=0, N1=40, N2=80,N3=120

Výsledky pokusů se šťovíkem "OK2"

Šťovík "OK2" je křížencem *Rumex tianschanicus a Rumex patientia* v kultuře je tato rostlina zavedena v Čechách již od roku 1998.tato rostlina byla vyseta na stanovišti 2 na rekultivovaných plochách severočeského hnědouhelného revíru. Výsevek byl stanoven na 6,5 kg. Hnojení probíhalo na jaře a po sklizni. Průměrný výnos byl ve 2 roce pěstování 8,7 t/ha

Importované rostliny mužáku *Silphium perfoliatum* a miskantu *Miscanthus* jsou díky klimatickým a a pedologickým charakteristikami pouze podmínečně vhodné při jejich pěstování došlo k totálnímu výpadku. Proto byly plochy znovu zorány a osety technickým konopím a kukuřicí.

Rumex na RekultA-pokusných ploch v České republice

Výsledky pokusů se Konopí

Konopí na RekultA-pokusných ploch v České republice

Konopí se velmi dobře rostou na rekultivovaných těžebních oblastí a rychle tvořila uzavřený a vysoce zásob.

Importované Rostliny Silphie a ozdobnice jsou dány k zemi obnovených půd nedoporučuje.

Rumex, konopí a chrastice rákosovitá se doporučuje rekultivovaných půd v České republice. Podrobné výsledky studie: Honzik et al.: Čerpání Přidané Hodnoty Pomocí Biomasy v Pánevní oblasti Severočeského Kraje, Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Závěrečná Zpráva Projektu "RekultA", Listopad 2013

4.4 Stanovení reionálních přeshraničních řetězců využití biomasy

Úvod

společnost DBI-GTI zpracovala na základě výběrového řízení studii „Regionální čerpání přidané hodnoty doporučení a možné projekty v euroregionu Krušnohoří“, kde byly ve druhé části studie identifikovány možné způsoby čerpání přidané hodnoty.

Materiál a metody

Prvním krokem bylo provedení analýza možných účastníků z různých oborů, zemědělství, lesnictví, a odpadové hospodářství na Německé straně euroregionu Krušnohoří. Tito možní účastníci pak byly zahrnuti do struktury čerpání nadhodnoty, kde byla analyzován jejich podíl na struktuře. Adresy účastníků byly zjištěny rešeršemi a sumarizovány v databázi a dále telefonicky aktualizovány.Komunální zařízení byly obeslána dotazníky, kdy byly pomocí tohoto dotazníkového šetření písemně zjišťovány údaje o spotřebě tepla a komunálních energetických konceptech v místních průmyslových zónách. Následně byla zjištěná data zobrazena v tabulkách a grafice zpracované pomocí GIS.

Výsledky

Analýza účastníků

V zemědělské oblasti jsou z dob NDR dostupná zemědělská družstva. Ve sledované oblasti je 34 zemědělských družstev a 29 bioplynových stanic s průměrným instalovaným elektrickým výkonem mezi 220 až 350 kW. Bioplynové stanice produkují elektřinu a teplo, proto byla provedena analýza potřeby tepla v analyzovaném území a rovněž identifikováni potenciální i současní odběratelé teplaa to v soukromé, komunální, živnostenské i průmyslové sféře. V okolí Freibergu, Stollbergu a Annaberg-Bucholzu byla identifikována centra spotřeby tepelné energie. V oblasti lesnictví a těžby dřeva je třeba pro úspěšnou a trvale fungující regionální strukturu zajistit koordinovanou a hospodárnou těžební logistiku. Proto jsou pro tuto studii velmi významné společnosti a firmy zabývající se těžbou dřeva, dopravou a lesnictvím. V analýze byly zohledněny následující účastnící: obce s vlastními lesy, a podniky poskytující služby v oblasti lesnictví, zemědělství, školkařství, údržby zeleně, včetně transportu a sušárenství.

Každá ze 77 obcí v analyzovaném regionu vlastní obecní lesy ve větším či menším rozsahu. Na základě zjištění se velikost komunálních lesů pohybuje od 0,3 do 1.250 ha. Pro zajištění ekonomické a funkční struktury čerpání nadhodnoty je podmínkou nejméně 100 ha vlastního lesa. Největší výměru lesa obhospodařuje Geyer 1.245 ha, Annaberg-Buchholz 1.130 ha, Freiberg 945 ha, Ehrenfriedersdorf 550 ha, Marienberg 485 ha, Scheibenberg 260ha, Stollberg 260ha, Zwönitz 170 ha, Bobritzsch 100ha und Hormersdorf 100 ha. V analyzovaném regionu bylo identifikováno 34 vhodných podniků služeb z lesnictví, 9 z oblasti zemědělství, 14 školkařských a údržbou zeleně se zabývajících podniků. Pro přípravu dřevní lesní štěpky lze využít k zajištění dílčích operací jako je těžba, svoz a štěpkování, regionální společnosti poskytující služby v lesnictví. Díky malým výměrám plantáží RRD a chybějícímu vytížení v analyzované oblasti nebyla identifikována žádná společnost, která by vlastnila specializované stroje pro zakládání a sklizen těchto plantáží. Společnost poskytující tyto služby je lokalizována ve vedlejší s analyzovaným území hraničící oblasti. Osm dopravních společností přebírá logistiku dopravy. Sušení štěpky může být realizováno s využitím odpadního tepla z bioplynových stanic. V oblasti realizace projektu jsou dvě společnosti, které vypisují v evropském měřítku výběrová řízení pro soukromé firmy zabývající se svozem odpadu. Zelený odpad a bioodpad je likvidován přes soukromé společnosti jako surovina pro výrobu kompostu, pro výrobu bioplynu nebo jako energetický zdroj ve spalovnách dřeva.

Při sledování koncových spotřebitelů energie v Sasku je patrné, že kromě oblastí jako je domácnost a doprava tvoří značnou spotřebu energie i průmysl. To je způsobováno především tím, že komuny a obce vlastní veřejné nemovitosti a průmyslové zóny s vlastní spotřebou energií.Jako náročné na spotřebu energií jsou zařazeny především chemický a ocelářský průmysl, průmysl barevných kovů, výroba papíru, skla a stavebních prefabrikátů.V projektovém regionu je 259 společností s více než 20 zaměstnanci, kde hraje významnou roli papírenství a průmysl výroby barevných kovů, podružnou roli zde hraje

chemický a ocelářský průmysl. Pří dotazníkovém šetření se z 77 obcí souhlasně vyjádřilo 9. nejvyšší potřebu energie má oblast Freiberska, to znamená město Freiberg, a obce v bezprostředním okolí, jako je Bobritzsch/Hilbersdorf.Mnohé průmyslové oblasti nejsou úplně využity a proto je zde dán potenciál nových akvizic, čímž může stoupnout rovněž spotřeba energie. Zajímavá je rovněž skutečnost, že je mnoho výtopen mezi 6 až 15 lety životnosti, jsou zde ale i starší, takže některé obce musí již nyní myslet na modernizaci topných zařízení.

Určení možných projektu a způsobu čerpání přidané hodnoty

Z vyhodnocených dotazníků vyplývají nejméně čtyři možné projekty které by mely být nadále sledovány. V obci Sehmatal, městě Freiberg, obci Weißenborn a obci Amtsberg. Pro tyto projekty jsou principiálně možné oba mechanizmy čerpání nadhodnoty: energetické rostliny; bioplynové stanice; výroba tepla a elektřiny pro vytápění objektů nebo postup upřednostňující dřevní štěpku; její spalování; výrobu tepla a vytápění objektů.

Tabelle 25 / Stůl: Porovnání potenciálu biomasy a potřeby tepla pro pro možné projekty z řad vytipovaných obcí

Kommune	Biogas-anlage im Ort	Wärmebedarf in Mio. kWh/a	wirtschaftliches Biogaspotential halmgutartiger Biomasse und kommunaler Abfälle in Mio. kWh/a
Gemeinde Sehmatal	-	1,6	2,6
Stadt Freiberg	-	71,7	6,9
Gemeinde Weißenborn	2	2,4	1,1
Gemeinde Amtsberg	1	1,5	2,2

Především u malých obcí by mohla být potřeba tepla pokryta produkcí odpadního tepla z bioplynových stanic. V obcích Lichtenberg, Drebach, Leubsdorf a Bobritzsch/Hilbersdorf je k dispozici pouze malé množství odběratelů energie přesto jsou zde plánovány investice a využití energetických konceptů. Každopádně by mělo dojít k informačním rozhovorům. Těžkými kovy jsou zatíženy půdy v obcích Bobritzsch, městě Brand-Erbisdorf a městě Großschirma, tak jsou zde k dispozici plochy, které nekonkurují produkci potravin. Zemědělské společnosti v obcích Nieder- und Oberbobritzsch projevily rovněž pozitivní zájem o realizaci projektu.

V průmyslové oblasti byly analýzou zjištěny tři možné projekty:

1. DBI Power, 09599 Freiberg, Halsbrücker Straße, DBI-Technologiepark typ projektu: rozvoj stávajících struktur, projekt pro: živnosti&soukromé
2. PAMA-Park, 09599 Freiberg, Frauensteiner Straße, původněúzemí společnosti PAMA, typ projektu: rozvoj stávajících struktur, projekt pro: průmysl (nové akvizice)
3. zásobení teplemŽelezniční sídliště Klingenberg (NWBK), 01774 Klingenberg, průmyslový park GPK (fáze-1), typ projektu: rozvoj stávajících struktur, projekt pro: průmysl&obec (byty a objekt školy) (leží v oblasti hraničící s analyzovaným územím

euroregionu Krušnohoří a získával by biomasu ze zemědělského družstva v Niederbobritzsch hospodařícího na území kontaminovaném těžkými kovy.

V oblasti využití dendromasy vyplývají ze šetření tři možné projekty zhodnocení dendromasy z plantáží RRD, využitílesní štěpky nebo štěpky z údržby zeleně pro zásobení teplem určeným pro komunální a soukromá zařízení.

1. Město Stollberg: 260 ha městského lesa, potenciál biomasy stačí pro vytápění školky, jsou nzde nejlepší podmínky pro založení plantáže RRD, je k dispozici rovněž i lesní štěpka a štěpka z údržby zeleně výrobci štěpky jsou k dispozici v místě
2. Město Scheibenberg: 260 ha městského lesa, potenciál biomasy stačí pro vytápění školky, není k dispozici plocha pro založení plantáží RRD a rovněž je zjištěn nízký potenciál štěpky z údržby zeleněje k dispozici potenciál dřevní lesní štěpky, výrobci štěpky jsou k dispozici v místě. Sousedící obcejako Annaberg-Buchholz, Geyer a Zwönitz by mohly rovněž profitovat.
3. Obec Bobritzsch: 100 ha obecního lesaa 100 ha zemědělské půdy kontaminované rizikovými kovy, nejlepší kombinace pro využití energetických rostlin a energetické dendromasy, je možné založení plantáží RRD, je zde k dispozici dostatečný potenciál biomasy pro decentralizované zásobování teplem, výrobci jsou k dispozici.

V oblasti vyžití odpadů jsou omezené možnosti možných projektů dány výběrovými řízeními obecních původců odpadu na jeho svoz. V oblasti využití kuchyňských a kompostovatelných odpadů ze soukromých zdrojů existuje možnost uplatnění některých projektu. Byly identifikovány tyto možné projekty:

1. Kompostárna společnosti Schächer Recycling azemníkv Conradsdorf/ obec Halsbrücke: rozdělenípřípadně separované uskladnění bioodpadů a energetické a surovinové využití jednotlivých frakcí
2. zavedení provozukompostárnyspolečnosti Becker do konceptu „zásobení teplem Burkersdorf“ díky rozšíření využití vstupních materiálů o biozplynovatelné odpady

Souhrn

V oblastech střední Sasko, a Krušné Hory je ze strany obcí i obcemi provozovaných průmyslových parku potenciál ve využití obnovitelných zdrojů k výrobě bioplynu. Odběr tepelné energie je možný především v obecních zařízeních (obecní objekty, školy atd.), ale i v průmyslu či v živnostenské oblasti. Především v průmyslových zónách, které nejsou zcela využity je třeba vést diskuzi o využití obnovitelných energetických zdrojů nejen pro stávající společnosti, ale i pro společnosti nově se etablující.K tomu přispíva rovněž i fakt, že některé již fungující společnosti využívající k vytápění plyn nebo topný olej mají kotelny v provozu 6 až 15 let a musí v blízké budoucnosti počítat s jejich modernizací. Proto existují velmi dobré šance realizovat zásobování teplem z obnovitelných zdrojů.

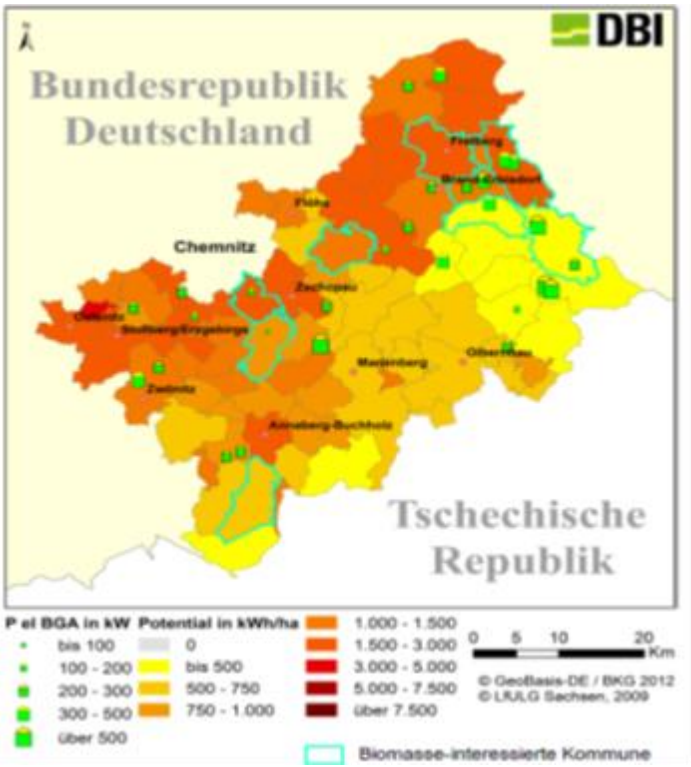
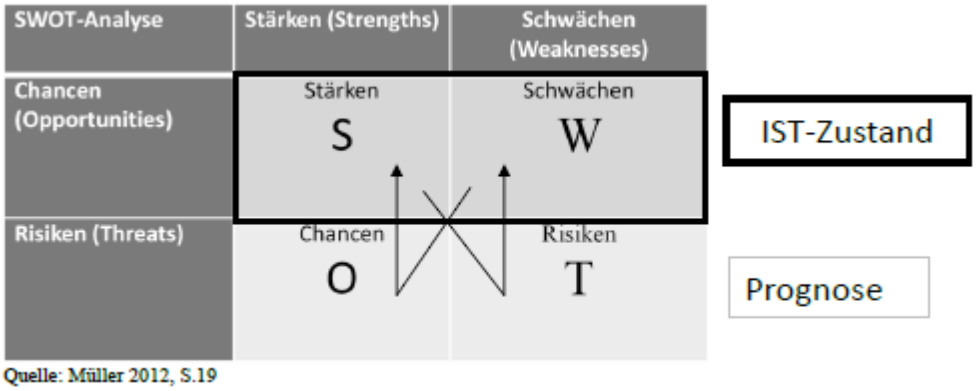


Abbildung 87 / Zobrazení: Celkový potenciál bylinné biomasy, dendromasy a komunálních odpadů v kW za rok v závislosti na elektrickém výkonu a označením všech obcí se zájmem o využití biomasy.

S označením „Energetická ofenziva střední Sasko 2020“ jež je realizována soukromými strukturami mohl být zahájen program, který v období 2014 až 2020 připraví dílčí projekty, které bude realizovat spolu s odpovídajícími odbornými společnostmi.

Studie „Přeshraniční hospodaření s biomasou v euroregionu Krušnohoří šance a rizika struktury energetického využití biomasy“

Studie „Přeshraniční hospodaření s biomasou v euroregionu Krušnohoří šance a rizika struktury energetického využití biomasy“ si klade za cíl formulovat možné projektové záměry. Cíle této studie jsou pro zúčastněné kooperační partnery (zejména zemědělce, bankovní instituce a obce) provést analýzu v současnosti již formulovaných přeshraničních odbytových struktur, aby mohly být včas identifikována rizika a chyby stejně tak jako silné a slabě stránky pro realizaci projektů (SWOT analýza). To postup byl založen na analýze literatury, na rozhovorech s experty a na analýze odbytových struktur relevantních účastníků.



Quelle: Müller 2012, S.19

Abbildung 88 / Zobrazení: Analýza silných a slabých stránek šancí a rizik (SWOT-Analýza)

U přeshraničních realizačních projektů je vyšší riziko jejich neúspěchu způsobené nákladností projektu, jazykovými bariérami, komplexními zákonnými rámcovými podmínkami i kulturními rozdíly. Následně jsou v praktických doporučeních pro zájemce vysvětlovány podmínky směřující od počátečního nápadu až ke konečné realizaci tvorby struktury čerpání přidané hodnoty.

Struktura čerpání přidané hodnoty sestává z jednotlivých dílčích opatření (plánování, instalace, údržba...), které na sebe bezprostředně navazují. Po uskutečnění každého opatření se zvyšuje hodnota výsledného výrobku tak, aby bylo možné dosáhnout zisku. Regionální čerpání nadhodnoty může být zvýšeno pokud se zvýší počet operací s výrobkem a zároveň dojde k zvýšení v regionu realizovaných mezd (Thrän et al. 2008).

Výsledky

Pro následující konkrétní struktury čerpání nadhodnoty byly zpracována SWOT analýza, aby bylo možné na základě těchto doporučení provést strategické plánování a realizaci hodnotových řetězců. :

1. Přeshraniční spolupráce pří zhodnocení mikrocelulózových kalů pro rekultivaci ploch po hnědouhelné těžbě
2. Zakládání plantáží RRD na Chomutovsku/CZ
3. Možnost zásobování teplem z biomasy v průmyslové oblasti Vejprty/Bärenstein
4. Zařízení na biomasu ve školním statku Kadaň/CZ

Následuje popis struktury čerpání nadhodnoty pro příklad 1 protože se zde jedná o realizační projekt RekultA. Další SWOT analýzy a doporučení pro ostatní struktury čerpání jsou uvedeny v předkládané studii.

Jako realizační byl v rámci projektu „RekultA“ vybrán projekt „Přeshraniční spolupráce pří zhodnocení mikrocelulózových kalů pro rekultivaci ploch po hnědouhelné těžbě. V současnosti je jeho realizace závislá na získání povolení českých úřadů.Analýza vzorků dodávaného materiálu proběhla v laboratoři s uspokojivým výsledkem a první pokusný transport mikrocelulózového kalu proběhl 20.03.2013. Pokud bude získáno povolení byl by realizován přeshraniční transport tohoto mikrocelulózového kalu z papírny v okolí Freibergu do 60 km vzdálené Bíliny a nikoliv do 200 km vzdálené spalovny u Lipska. V bílinské kompostárně je

celulózový kal zpracováván na substrát pro provádění rekultivací. Transport realizuje německá společnost.

Tabelle 26 / Tabulka: SWOT-analýzatvorby nadhodnoty odbytové struktury „Mikrocelulózový kal"

SWOT-analýza	Silné stránky (Strengths)	Slabé stránky (Weaknesses)
šance (Opportunities)	• kal je nejen spalován, ale smysluplně a trvale využíván • kratší transport • mnoho know-how výroby kompostu z těchto kalů je k dispozici u zpracovatele kalu • nejsou třeba žádné další doplňkové investice (je k dispozici jak technika tak kompetence)	• množství a kvalita dodávaného kalu je závislá na množství vyráběného výrobku (závislost na trhu nejistota odbytu) • obtížná komunikace díky jazkové bariéře neboť každí partner mluví pouze svou mateřštinou • právní nejistoty
rizika (Threats)	• kompost může být využit pro revitalizaci ploch po těžbě a ke zvýšení půdní úrodnosti pozitivní ekologický efekt) • výzkum a vývoj ve spolupráci s institutem ekotoxikologie v Chomutově a Německými výzkumnými zařízeními (výměna zkušenosti) • testování veřejných dotačních možností	• obtížné smlouvání o ceně výrobku • je třeba povolení od úřadů na německé a české straně proto je zavedení odbytové struktury závislé na byrokratických opatřeních (podmínky povolení) • chybějící důvěra a motivace realizujících účastníků a s tím spojené chybějící vedení

Na základě již provedených analýz šancí a rizik (SWOT-analýza) je vytvářena pro účastníky individuální projektově specifická struktura hodnotového řetězce, kterou bude možné upřesnit až po zpracování návrhu projekt, vyplývající ze zpracované studie proveditelnosti:

Smysluplné využití zbytkových a odpadních surovin

↓

1. krok výchozí situace

definování užitku, cíle a vize, zodpovědné osoby, financování a dotace, úřady, nalezení příkladů nejlepší praxe a místních zpracovatelských kapacit

↓

2. krok příprava

V tomto kroku jsou hodnocena potřebná kriteria potřebná ke zpracování prvního návrhu projektu (analýza stavu a zpracování hrubého projektu)testování realizace (nákladová charakteristika, testování vzorků, určení zdrojů surovin a způsob jejich zušlechtění), po pozitivním výsledku bude rozhodnuto o pokračování projektu

↓

3. krokanalýza stavu

Při pozitivním výsledku bude rozhodnuto o zpracování studie proveditelnosti, aby

↓

3. přerušení projektových příprav:

Důvody jsou např. chybějící důvěra mezi partnery, nedohoda o ceně, problematické

došlo k prohloubení kriterií a znalostí získaných základních parametrů nutných k realizaci projektu(např. uzavření předběžných smluv mezi partnery, první testovací jízdy)	získání povolení a vysoké náklady na jeho získání, žádný případný zisk

↓

4. krok vytvoření etap

zpracování termínového planu, přdběžné smlouvy s partnery

↓

5. krok realizační proces

pozitivní rozhodnutí úřadů, uzavření smluv, provoz a pravidelné dodávky, transport a úprava surovin a etablování odbytové struktury, pravidelné kontroly ziskovosti
(kontrola plánovaných a skutečné dosažených hodnot) předem dohodnutým subjektem

Zdroje: (Eltrop et al. 2007, S.271 ff.), (FNR e.V. 2010, S.233 ff.)

Shrnutí

Úspěšná realizace odbytových struktur čerpání přidané hodnoty je závislá na každém stanovišti především na účastnících a jejich spolupráci. Díky vytváření a udržitelnosti síťových a kooperačních struktur pomocí akcí pořádaných v rámci programu Cíl 3 jsou vytvářeny důležité předpoklady pro vytváření kontaktů a možných oblastí spolupráce. Pro úspěšnou realizaci projektu je na české i německé straně důležitá nejméně jedna osoba, která motivuje, je dostatečně známá, spolehlivá a dokáže spolupracovat se zahraničními partnery. Zjednodušena je spolupráce pokud nejméně jedna osoba hovoří jazykem přeshraničního partnera nebo hovoří obě strany velmi dobře anglicky.Po vzniku myšlenky o spolupráci by měla být připravena projektová skica v několika variantách, která by popisovala nejdůležitější faktory a specifické zvláštnosti pozitivně či negativně ovlivňující úspěšnost projektu. Tyto skutečnosti jsou rozhodující pro pokračování nebo ukončení projektu. Po zajištění zdrojů financování jsou ve studii proveditelnosti detailně prozkoumány veškeré rámcové podmínky a uskutečněna první rozhodnutí o realizaci projektu. V případě pozitivního rozhodnutí je tato fáze zakončena organizováním konkrétní realizace (výběrová řízení, stavba a provoz zařízení). Pro rozvoj a posílení euroregionu Krušnohoří jsou k dispozici ještě mnohá řešení i šance směřující k využití stávajícího potenciálu i podpoře hospodářských struktur.

Pro vytvoření regionálních a přeshraničních struktur čerpání nadhodnoty pro využití ploch kontaminovaných těžkými kovy a ploch po těžbě hnědého uhlí byly podepsány smlouvy o budoucí spolupráci i kooperační smlouvy pro konkrétní realizace. Společní setkání v rámci bioenergetických fór v roce 2011 v Colmnitz/De, 2012 v Chomutově/ Cz a 2013 ve Freibergu/De a rovněž polní den uskutečněný v roce 2013 na pokusných plochách RekultAve Weißenbornu byly velmi dobrou příležitostí k poznání nových partnerů a prohloubení síťových

struktur. Sdružení pro biomasu Freiberg uzavčel kooperační smlouvy s ostatními tematicky podobnými skupinami, těmi jsou:

- Gründer - und Innovationszentrum Freiberg/Brand-Erbisdorf GmbH (GIZEF), Am St. Niclas Schacht 13, D-09599 Freiberg
- Kompetenzzentrum Bioenergie e.V., cings center management, Hauptstr. 11A, 01920 Nebelschütz s cílem realizace společných projektů
- Ziel3-Projekt VODAMIN, Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Zur Wetterwarte 11, 01067 Dresden pro společnou výměnu informací o aktuální problematice ploch po těžbě
- Projekt Greenland, Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Referat 42: Boden, Altlasten, Halsbrücker Str. 31a, 09599 Freiberg sloužící k výměně zkušeností a znalostí o pěstování biomasy a tvorbě síťových struktur
- Projekt PhytoGerm, TU Freiberg, Institut für Biowissenschaften, Arbeitsgruppe Biologie / Ökologie, Leipziger Straße 29 09596 Freiberg výměna informací o možnosti pěstování chrastice k produkci germánia

Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i. Chomutov uzavřela dohody o spolupráci v návaznosti na české straně :

1. ENVIBIO – sdružení pro rozvoj technologií trvale udržitelného života, Lipská 4705, 430 03 Chomutov: Výměna informací a projektů v otázce obnovy těžebních oblastí a využití biomasa
2. Krajská agentura pro zemědělství a venkov ústecký kraj (KAZV), Masarykova 19/257, 40010 ústí nad Labem: oboustranná výměna informací o aktuální zemědělské politice, spolecná podpora při budování sítových struktur a budoucí spolupráce při realizaci dalších projektů
3. Spolek přátel Evropy o.s. (SPE) , Pod Stadionem 395, Klášterec nad Ohří: Společné předávání znalostí a podporu na bioenergii
4. MAS Sdružení Západní Krušnohoří (MAS SZK), SNP 144, 43144 Droužkovice: oboustranná výměna informací o aktuální zemědělské politice, spolecná podpora při budování sítových struktur a budoucí spolupráce při realizaci dalších projektů
5. Chmelařský institut s.r.o. (CHI), Kadaňská 2525, 43846 žatec: Projekty na výrobu a využití biomasy v severních Čechách
6. Krajské informační středisko pro rozvoj zemědělství a venkova Usteckého kraje (KISúK), Dělnická 33, 434 01 Most-Velebudice: oboustranná výměna informací o aktuální zemědělské politice, spolecná podpora při budování sítových struktur a budoucí spolupráce při realizaci dalších projektů
7. SERVISO o.p.s., Komenského náměstí 17, 411 15 Třebivlice: Vyměňovat si názory na aktuální otázky mezi Německem a Českou republikou na bioenergii

8. Euroregion Krušnohoří/ Erzgebirge (EUROK), Topolová 1278, Most 43401: Vyměňovat si názory na aktuální příležitosti a problémy mezi Českou republikou a Německem , jakož i vytváření sítí a zahájení projektů

Na německé straně euroregionu Krušnohoří bylo uzavřeno 20 smluv o budoucí spolupráci (producenti surovin, zpracovatelé, dopravci a další) a na české straně 3 Vyjádření zájmu, jež tvoří síťovou strukturu s cílem realizace uzavřeného koloběhu využití biomasy. To posílí trvání spolupráce pokračující i po ukončení projektu RekultA. Tyto smlouvy o budoucí spolupráci byly podepsány s následujícími partnery:

	Možnéobchodní případy	**Účastnící/Partneři**
Obchodní případ „Energetické dřevo z ploch zatížených těžkými kovy“		
1.	Zakládání plantáží RRD a odbyt klonů vrb	IB Biomasse Consulting
2.	Transport odpadní lesní štěpkya štěpky z RRD	ETR G. Kaden – Entsorgungstechnik und Rohstoffhandel, Reiner Dietz Containerdienst, Fehr, Autodoprava Chomutov, Uhlmann & Finke GmbH,
3.	Odbyt štěpky z RRD podnormativně kontaminované rizikovými kovy	Saxholz
4.	Plánování a stavba kogeneračních jednotek na dřevoplyn pro průmyslové zóny, koupaliště a komunální zařízení	Ligento-greenpower
Obchodní případ „Energetické rostliny z kontaminovaných plochpro produkci bioplynu“		
5.	Produkce a využití inovativních víceletých energetických rostlin (Produkční plochy RekultA) ve stávajících a planovaných bioplynových stanicích	Agrargenossenschaft „Bergland“ Clausnitz, Schweineproduktion Burkersdorf
6.	Plánování, výstavba a provoz bioplynových stanic například školní statek Kadaň	Planungsbüro Ratzka
7.	Mobilní akumulace odpadního tepla z bioplynových stanic v kontejnerových akumulátorech tepla	La Therm
Obchodní případ „Odpady“ (např.pokud jsou překročeny hraniční hodnotykoncentrace těžkých kovů)		
8.	Transport a úprava mikrocelulózových kalů z Německa (Freiberg) do Čech a jejich využití pro výrobu kompostů pro rekultivované plochy	Abfall Rohstoff Management GmbH & Co KG
9.	Využití biomasy která je díky překročení hraničních koncentrací těžkých kovů zařazena jako odpad	Světlana Raabová, UHC-Umweltconsulting Hagedorn
10.	Analytika vzorků biomasy a stanovení obsahu	Eurofins Umelt Ost GmbH

	rizikových kovů a arzén	
Obchodní případ „Surovinové využití“		
11.	Využití olejnatých semen a textilních vláken v chemii polymerů nebo jejich využití v dalších průmyslových odvětvích	Fa. SachsenLeinen GmbH
Obchodní případmultifunkční rešení		
12.	Realizace připravených projektových záměrů studie „Regionální projektové záměry a doporučení v euroregionu Krušnohoří“	Ing.-Büro BIWA-Consult, Saxonia, DBI-GUT, OGF, ENVICHO spol.sr.o. in Chomutov
13.	konzultace: konstrukce a realizace energetických konceptů v obcích a průmyslu a vybudování síťové struktury „Bioenergie Sasko 2.0“	Faktor i³

Iniciace přeshraničních obchodních případů se omezuje v současnosti na plánování a transport. S tržištěm pro biomasu (Link: http://www.rekulta.org/marktplatz.html) bude podpořen obchod s biomasou mezi příhraničními regiony,aby bylo možné získat biomasu ze zemědělství, lesnictví a rekultivací tam kde jí bude nadbytek a bude cenově výhodnější. Díky energetické ofenzivě „Střední Sasko“ mají být připravené projekty transformovány do veřejnoprávně soukromé struktury. To je ovšem závislé na politických rámcových podmínkách(novelizace EEG 2014 respektive výše subvencí, délka jejich poskytování a povolovací proces) v Německu a České republice a s tím spojenou hospodárností projektu.

4.5 CELKOVÉ ZHODNOCENÍ A ZÁVĚREČNÝ SOUHRN

Následuje krátké shrnutí kvantitativních i kvalitativních výsledků projektu:

5-a vývoj strategií k energetickému využití vyprodukované biomasy

Strategie k využití energetických rostlin, dřeva z plantáží RRD a odpadů byly popsány v kapitole 3.4.. Byly zpracovány analýzy potenciálu biomasy a jednotlivých účastníků v euroregionu Krušnohoří a rovněž analyzována nabídka a poptávka i vývoj obyvatelstva (především v kapitole o potenciálu odpadů). Na těchto základech pak byla provedenaanalýza struktur čerpání nadhodnoty, technologických konceptů, rizik a konfliktů.

5-b Cesty do tuzemských nebo zahraničních bioregionů s příkladnou demonstrací využití energetického dřeva a osevních postupů

Neproběhly žádné zahraniční cesty do tuzemských či zahraničních bioregionů (např. Cottbus, Itálie, Rakousko). Cesty do zahraničí jsou uznatelným nákladem pouze tehdy vzniká li jimi užitek pro dotační území. Což nebyl ten případ a proto nebyly realizovány žádné zahraniční cesty

5-c Formulace regionálníchpřeshraničníchobchodních řetězců

Ve zpracované studii „Regionální čerpání přidané hodnoty skrze bioenergetiku tržní

doporučení a příklady projektů v euroregionu Krušnohoří“ a „Přeshraniční hospodaření s biomasou v euroregionu Krušnohoří- šance a rizika energetického využití biomasy“ bylo na německé straně euroregionu formulováno několik odbytových řetězců využití biomasy. Kromě toho byly spolupracovníky projektu RekultA osloveni na setkáních např (Bioenergetické fórum RekultA 2011-2013 a polní dny) potenciální účastníci odbytových retězců. Následně, byly osloveni konkrétní účastníci pro iniciaci požadovaného regionálního koloběhu biomasy. Pro projekt bylo uzavřeno 23 smluv o smlouvě budoucí v řetězcích energetické dřevo, energetické rostliny pro bioplyn a využití odpadů.

5-d Formulace demonstračních ploch na rizikovými kovy kontaminovaných zemědělsky využívaných plochách a areálech po hnědouhelné těžbě

Na Německé straně byly v lokalitách Weißenborn, Niederbobritzsch, Colmnitz und Clausnitz založeny a vědecky sledovány pokusy s víceletými inovativními energetickými rostlinami (Mužák prorostlý, miskantus, chrastice a pýrovec)viz.kapitola 3.3.

6-a Podpisy smluv o smlouvě budoucí mezi 40 účastníky (producenty, zpracovateli surovin jakož i předcházejících či následných odvětví) k regionální spolupráci s cílem integrace nových struktur čerpání přidané hodnoty pomocí uzavřeného koloběhu surovin do stávajících hospodářských vazeb

Na německé straně bylo podepsáno celkem 20 smluv a na české straně 3 Vyjádření zájmu o projevení zájmu v odbytových řetězcích „odpad“, „energetické dřevo“ a „energetické rostliny pro bioplyn“. Tak bylo dosaženo cile projektu RekultA. Samotná realizace projektů nebyla již cílem výše uvedeného projektu je plánováno, že bude uskutečněno v energetické ofenzivě střední Sasko.

6-b Posílení síťových struktur na Německé a České straně pomocí náboru o nejméně 20 nových účastníků (10 účastníků pro sdružení pro Biomasu Freiberg a 10 účastníku pro sdružení bioetanol sever)

Sdružení bioetanol sever nemohlo být kontaktováno neboť došlo ukončením výroby etanolu k jeho zániku proto nemohly být získáni noví členové. Sdružení pro biomasu Freibeeg získalo 12 nových členů a dosáhlo poštu 43 účastníků což je uspokojující neboť je v regionu Freiberg pouze omezený počet účastníků zabývajících se bioenergetikou a většina jich již ve sdružení již léta je.

6-c Uzavření jedné společné kooperační smlouvy (sdružení pro biomasu Freiberg a bioetanol Sever) a uzavření dalších 5 kooperačních smluv mezi regionálními zajmovými skupinami, sdruženími nebo iniciativami

Díky rozpuštění sdružení bioetanol Sever nemohlo sdružení pro biomasu Freiberg uzavřít žádnou kooperační smlouvu mezi předmětnými sdruženími.

Následně byly uzavřeno na německé straně 5 dalších kooperačních smluv s tematicky příbuznými skupinami Cíl 3 projekt „Vodamin“ Saský úřad pro životní prostředí zemědělství a geologii, projekt „Greenland“ Saský úřad pro životní prostředí zemědělství a geologii projekt „Phytogerm“TU Freiberg, Zakladatelské a inovační centrum Freiberg/Brand-Erbisdorf GmbH (GIZEF) a kompetenční centrum pro Bioenergie s (CINGS). Cíl jež byl uveden v žádosti o podporu byl tak splněn.
Na české straně , naši čeští partneři - Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i. Chomutov- absolvoval celkem 8 dohod o spolupráci s partnery: ENVIBIO, KAZV, Spolek přátel Evropy o.s. (SPE), MAS Sdružení Západní Krušnohoří (MAS SZK), Chmelařský institut s.r.o. (CHI), Krajské informační středisko pro rozvoj zemědělství a venkova Usteckého kraje (KISúK), SERVISO o.p.s., Euroregion Krušnohoří/ Erzgebirge (EUROK).

6-d Formulace jednoho konkrétního přeshraničního realizačního projektu

V projektu RekultA se projekt „Přeshraniční spolupráce při využití mikrocelulózových kalů pro rekultivaci ploch po hnědouhelné těžbě“ nachází již v předrealizační fázi. Již roky jsou mikrocelulózové kaly z jedné papírny ve Freibergu převáženy dopravní společností 200 km daleko do Lipské spalovny aniž by byly tyto kaly využity jako organické surovina. Doprava byla realizována Freiberskou inženýrskou společností zabývající se využitím tohoto papírenského odpadu. Nyní je tento kal dopravován do cca 60 km ležící Bíliny do kompostárny, kde je tento kal využíván k výrobě kompostu pro zúrodnění půd na rekultivovaných plochách v regionu. Tento postup sníží díky kratší dopravní vzdálenosti emise CO2 a zaručí smysluplné využití této suroviny. Díky společným cílům zúčastněných společností je usilováno o užší spolupráci při realizaci tohoto odbytového řetězce, Spolupracovníci projektu „RekultA“ iniciovaly ideu a organizovaly kontaktní rozhovory a transparentní výměnu informací mezi relevantními aktéry (německá logistická firma, a kancelář zabývající se využitím odpadů a český majitel zařízení a konečný spotřebitel) následně byla tyto kontakty posilovány neustálou komunikací s cílem etablování tohoto hodnotového řetězce.
V současnosti je pravidelní doprava limitována získáním integrovaného povolení od českých úřadů. Analýza kalů byla již v laboratoři provedena s pozitivními výsledky. Rovněž byla realizována první testovací dodávka mikrocelulózového kalu dne 20.03.2013. Bude li uděleno českými úřady povolení a notifikace tohoto odpadu bude realizována pravidelná doprava mikrocelulózového kalu z Freibegu do Bíliny.

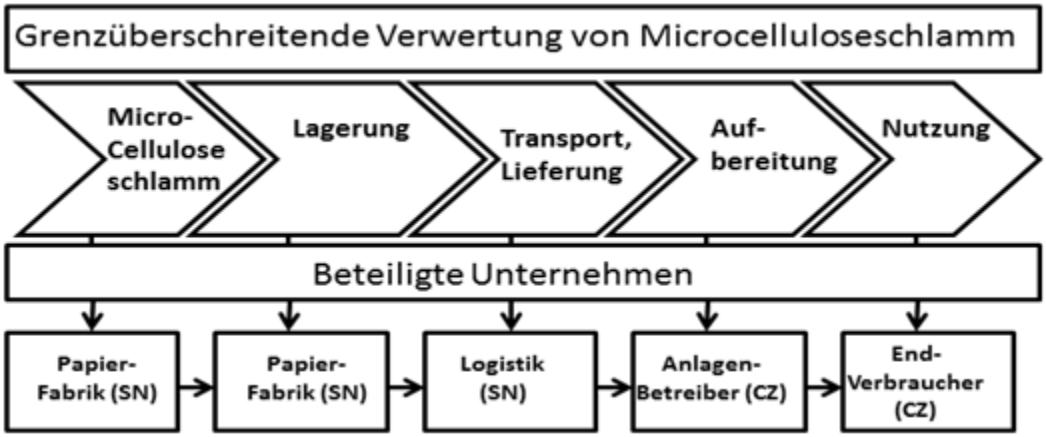


Abbildung 89 / Schéma odbytové struktury „mikrocelulózového kalu“ v projektu RekultA

LITERATURVERZEICHNIS / LITERATURASEZNAM

BSV-Saaten (2013): Anbautelegramm SZARVASI 1. Online im Internet. URL: http://bsv-saaten.de/fileadmin/images/landgreen/landwirtschaft/Energiegras_Szarvasi.pdf (Stand: 25.02.2013)

C.S.P. GmbH (2012): Übersicht zur Bestandetablierung auf den Flächen der Neuanpflanzung des Jahres 2012, Dresden, November 2012. Online im Internet. URL: www.miscanthus-sachsen.de (Stand: 5.06.2013).

Eißrich, B. (2011): Mündliche Mitteilung von Bernd Eißrich (ehemaliger Vorstandsvorsitzender der Dresdner Vorerzgebirgs Agrar AG) vom 25.07.2011

Eltrop, L., Raab, K., Hartmann, H. et al (2007): Leitfaden Bioenergie- Planung, Betrieb und Wirtschaftlichkeit von Bioenergieanlagen, Publikation, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. , Gülzow, 4. Unveränderte Auflage, 2007.

Erhard, T. (2006): Feldversuchswesen; Verlag Eugen Ulmer Stuttgart, Stuttgart (Hohenheim) (ISBN: 3-8252-8319-4).

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR) e.V. (2010): Leitfaden Biogas- Von der Gewinnung zur Nutzung, Publikation, , Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., Gülzow, 5. Vollständig überarbeitete Auflage, 2010.

Feldwisch, N. (2011): Umweltgerechter Anbau von Energiepflanzen - Rahmenbedingungen und Strategien für einen an Umweltaspekten ausgerichteten Anbau der für Sachsen relevanten Energiepflanzen; Schriftenreihe des LfULG, Heft 43/2011

FIB (2009): Informationsbroschüre des Forschungsinstituts für Bergbaufolgelandschaften e.V. - Anwendungsorientierte Forschung für nachhaltige Lösungen

FNR-LfULG (2012) Energiepflanzen für Biogasanlagen – Sachsen; Veröffentlichung der Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe e.V und des LfULG

Frommhagen, K. et al. (2013): Nachhaltige Nutzung von Energiepflanzen für eine regionale Entwicklung im Landkreis Görlitz-Ein Handlungsleitfaden, Internationales Begegnungszentrum St. Marienthal. Online im Internet. URL: http://www.loebestein.de/documente/Handlungsleitfaden_web.pdf (Stand: 04.09.2013)

Geißendörfer, H. (2012a): Landwirtschaftliches Bildungszentrum Triesdorf; Energiepflanzentag 2012, Triesdorf am 12.07.2012. Online im Internet. URL: http://www.triesdorf.de/images/stories/fachinfos/energiepflanzentag_trie_2012.pdf (Stand: 08.02.103)

Geißendörfer, H. (2012b): Anbauhinweise Riesenweizengras Stand 2012. LLA Pflanzenbau u. Versuchswesen, Triesdorf, 2012. Online im Internet. URL: http://www.triesdorf.de/images/stories/fachinfos/enpflszarv-anb2012-02.pdf (Stand: 08.02.2013)

Geißendörfer, H. (2012c): „Mehr Gas mit Riesengras“;DLZ-Agrarmagazin, Oktober 2012, S.54-57

Google earth (2013), www.google.de, Google earth Europa Technologies. Online im Internet. URL: http://maps.google.de (Stand: 06.02.2013).

Haubold-Rosar, M, Weiß, U., Rademacher, A. (2011): Terra Preta und Biokohle zur Rekultivierung von Kippenböden in Bergbaufolgelandschaften; Präsentation vom 03. November 2011

Heilmeier, H. (2013): Germaniumgewinnung aus Biomasse (PhytoGerm). Projekthomepage online im Internet. URL: http://tu-freiberg.de/fakult2/bio/ag_bio/phytogerm/index.html (Stand: 02.07.2013).

Honzik, R. (2013): Mündliche Mitteilung von Roman Honzik (RekultA-Projektpartner und Mitarbeiter am Institut für Ökotoxikologie in Chomutov) vom 15.01.2013

Honzik et al. (2013): Čerpání Přidané Hodnoty Pomocí Biomasy v Pánevní oblasti Severočeského Kraje, Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Závěrečná Zpráva Projektu "RekultA", Listopad 2013

Kiesewalter, S.; Röhricht, C. (2008): Biomasseanbau und -verwertung als Energieträger/Humusstoff von Flächen mit unterschiedlichem Schwermetallbelastungsgrad und Grünlandgebieten; Abschlussbericht; Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft; Heft 30/2008; Dresden

Klose, R. (1998): Untersuchungen zum Arsen- Transfer und Empfehlungen für die landwirtschaftliche Nutzung eines Gebietes in Sachsen mit hoher Arsenbelastung; VDLUFA-Schriftenreihe (46), Kongressband 1997: 501-504

Klose, R. (2003) „Hinweise und Empfehlungen zum Umgang mit arsen- und schwermetallbelasteten landwirtschaftlich und gärtnerische genutzten Böden“; Freistaat Sachsen; Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft

Klose, R. (2006): Hinweise und Empfehlungen zum Umgang mit arsen- und schwermetallbelasteten landwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Böden; Fachmaterial der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft; Dresden

Klose, R. (2012): Arsen und Cadmium in Winterweizen - Untersuchungen zur Bestimmung der Pflanzenverfügbarkeit von Arsen und Cadmium für den Anbau von Winterweizen, Schriftenreihe des LfULG, Heft 23/2012

KTBL Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (2012): ENERGIEPFLANZEN - Daten für die Planung im Energiepflanzenanbau, ISBN / Nr.: 978-3-941583-65-8, Band 19508, 2. Auflage 2012, Darmstadt.

Kühn, U. (2011): Miscanthusernte im kleinen Bestand. Online im Internet. URL: http://www.miscanthus-sachsen.de/ (Stand: 20.02.2013).

Landesdirektion Chemnitz (2011): Begründung/Erläuterungen zum Entwurf der Verordnung der Landesdirektion Chemnitz zur Festlegung eines Bodenplanungsgebietes im „Raum Freiberg“; vom 24.06.2010

Landesdirektion Chemnitz (2011): Verordnung zum Bodenplanungsgebiet „Raum Freiberg“; vom 10.05.2011

Landwirtschaftskammer Niedersachsen (2010): Energiepflanzen in Niedersachsen-Anbauhinweise und Wirtschaftlichkeit. Online im Internet. URL: http://www.eva-verbund.de/uploads/media/Broschuere_Nawaro_2010-.PDF (Stand: 20.04.2011)

LLA Triesdorf (2012): Wirtschaftlichkeit von Energiegras in Biogasfruchtfolgen; Präsentation

MAZ (2011): Brennnessel und Biogas – Wissenschaftler suchen nach Wegen, die ehemaligen Rieselfelder sinnvoll zu nutzen; Matz, Artikel vom 12. Oktober 2011

Mühlenhoff, J. (2011): Anbau von Energiepflanzen - Umweltauswirkungen, Nutzungskonkurrenzen und Potentiale; Renews Spezial Ausgabe 34/Juli 2011- Hintergrundinformationen der Agentur für Erneuerbare Energien, S. 5 und 7.

Puschenreiter, M. (2013): Projekthomepage Greenland. Online im Internet. URL: http://www.greenland-project.eu/ (Stand: 05.03.2013).

Röhricht, C; Ruscher, K. (2009): Anbauempfehlungen – Schnellwachsende Baumarten im Kurzumtrieb. Broschüre vom LfULG, 1.November 2009, Dresden.

Röhricht, C.; Grunert, M.; Jäkel, K. (2011): Anbau von Energiepflanzen für die nachhaltige, ressourcenschonende und klimaverträgliche Rohstoffabsicherung zur Erzeugung von Strom/Wärme und synthetischen Biokraftstoffen der zweiten Generation; Schriftenreihe der LfULG; Heft 19/2011; Dresden

Sauer, B. (2011): Bioenergetische Nutzungskonzepte für kontaminierte landwirtschaftliche Standorte; Georg-August-Universität Göttingen, Vortrag am 20. September 2011 auf dem FNR/KTBL-Kongress

Sauer, B.; Ruppert, H. (2011): Bioenergetische Nutzungskonzepte für kontaminierte landwirtschaftliche Standorte; Posterbeitrag, Georg-August-Universität Göttingen

Saxonia (2010): Optionen des Biomasseanbaus auf kontaminierten Flächen – eine Handlungsempfehlung zum Anbau und zur Verwertung von Biomasse im Raum Freiberg/Sachsen; Veröffentlichung im Rahmen des Central Europe-Projekts ReSource; SAXONIA Standortentwicklungs- und Verwaltungsgesellschaft mbH

Schürer, S. (2010): Festlegung des Bodenplanungsgebietes „Raum Freiberg“; Vortrag am 22.07.2010

Schürer, S. (2011): Bodenplanungsgebiet „Raum Freiberg“ – Die Lösung des Bodenschutzproblems!?; Vortrag im Rahmen der Sächs.-Thür. Bodenschutztage in Chemnitz am 16./17.06.2011

Serfling, A., Klose, R. (2008): Arsentransfer Boden – Pflanze - Entwicklung von Maßnahmen zur Verhinderung des Arsentransfers im System Boden- Pflanze, Schriftenreihe des LfULG, Heft 32/2008

Statistik des Kreises Usti nad Labem (2008)

Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen (2008): Kreisstatistik

Statistisches Landesamt Sachsen (2007): Agrarstrukturerhebung

Sumantecs (2008): Nachhaltiges Management von mit Spurenelementen kontaminierten Böden - Entwicklung und Evaluierung eines praxisnahen Expertensystems zur Auswahl risiko- und standortgerechter Sanierungsverfahren; Posterveröffentlichung im Rahmen des Forschungsprojektes Sumantecs

Thrän, D., Seidenberger, T. (2008): Wertschöpfung durch Bioenergie; 09/2008. Online im Internet. URL: http://www.bioenergie-regionen.de/fileadmin/bioenergie-

regionen/dateien/Vortrag_Wertschoepfung_Bioenergie_Thraen_DBFZ.pdf (Stand: 13.07.2013)

Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (2008): Anbautelegramm Durchwachsene Silphie. Online im Internet. URL: http://www.tll.de/ainfo/pdf/silp0208.pdf (Stand: 14.12.2011).

Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (2011): Optimierung der nachhaltigen Biomassebereitstellung von repräsentativen Dauergrünlandtypen für die thermische Verwertung (GNUT-Verbrennung), Endbericht,, Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft et al., Jena, 2011

Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (2012): Anbautelegramm Durchwachsene Silphie. Online im Internet. URL: http://www.tll.de/ainfo/pdf/silp0512.pdf (Stand: 20.02.2013).

Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (2013): Verbundvorhaben: Erhöhung des Leistungspotenzials und der Konkurrenzfähigkeit der Durchwachsenen Silphie als Energiepflanze durch Züchtung und Optimierung des An-bauverfahrens, Teilvorhaben 2: „Optimierung des Anbauverfahrens und Bereitstellung von Selektionsmaterial“, Endbericht, Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Jena, 2013. Online im Internet. URL: http://www.tll.de/ainfo/pdf/silp1013.pdf (Stand: 19.02.2014)

TFZ (o.J.): Miscanthus-Anbauhinweise. Online im Internet. URL: http://www.tfz.bayern.de/rohstoffpflanzen/16562/ (Stand: 10.05.2011).)

Thiel, M. (2011): Mehrjährige Energiepflanzen-Alternativen für die Praxis?; im Rahmen der Bioenergie-Ländertour 2011 der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., im Bioenergiedorf Lampertsweiler am 29.06.2011. Online in Internet. URL: http://www.bio-energie.de/fileadmin/bioenergie-beratung/baden-wuerttemberg/dateien/2011_Vortr%C3%A4ge_L%C3%A4ndertour/Thiel_Mehrj%C3%A4hrige-Energiepflanzen.pdf (Stand: 07.02.2013).

Usťak, S. et al (2012): Anbau von Rohrglanzgras Phalaris arundinacea L. für die Biogaserzeugung; Abschlussbericht, Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Prag, 2012.

Vetter, A.; Conrad, M.; Biertümpfel, A. (2010): Optimierung des Anbauverfahrens für Durchwachsene Silphie (Silphium perfoliatum) als Koferment in Biogasanlagen sowie Überführung in die landwirtschaftliche Praxis; Abschlussbericht, Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Jena, 2010.

Wetzig, R. (2008); TU Bergakademie Freiberg. „Schwermetalle in Biomasse - Biomasseanbau unter den besonderen Bedingungen des Freiberger Raumes.“ Studienarbeit TU Bergakademie Freiberg und SAXONIA Standortentwicklungs- und -verwaltungsgesellschaf