

---

Schlussbericht, 31. Mai.2015

# Einsatz von Palmkernschalen als Zusatzbrennmaterial für Holzheizkraftwerke in der Schweiz

---

Verfügung Nr: SI/401650-01

Projekt: Verbrennungsversuche mit Palmkernschalen

# Inhaltsverzeichnis

1. Management Zusammenfassung
  2. Projektschwerpunkt und anvisierte Ziele
  3. Projektumfeld
    - Projektteilnehmer
    - Wärmeverbund und Feuerungsanlage
    - Hauptbrennstoff Holzschnitzel
    - Zusatzbrennstoff Palmkernschalen
    - Sicherstellung der Brennstoffqualität
    - Periode und klimatische Bedingungen
    - Projektplanung und -umsetzung
  4. Messprogramm zur Lufthygiene
    - Leitfaden zur Lufthygienemessung
    - LRV Emissionsgrenzwerte zur Feuerung von biogenen Abfällen
    - Verschärfte VVESA Emissionsbegrenzungen
    - Leitfaden zur Mischung Holzschnitzel und Palmkernschalen
  5. Resultate zum Feldversuch
    - Laborresultate: Mischung Holzschnitzel und Palmkernschalen
    - Laborresultate: Optimierter Brennstoff vs Holzschnitzel
    - Berechnungen zu den Brennstoffmischungen
    - Kontinuierliche Emissionsüberwachung
    - Emissionswerte gemäss den Parametern der Lufthygiene
    - PKS Beitrag zur Reduzierung von Feinstaub in Holzfeuerungen
    - Feuerung im Feldversuch mit dem optimierten Brennstoff
    - Verbrennungsrückständen und die Ascheentsorgung
    - CO<sup>2</sup> Bilanz vom Exportland bis zum Einsatzgebiet
  6. Schlussfolgerung
    - Bezüglich Umfeld
    - Bezüglich Energie und Erfahrungen
    - Bezüglich Lufthygiene
    - Bezüglich Innovation
    - Bezüglich Energiesicherung
    - Bezüglich Wirtschaftlichkeit, CO<sup>2</sup> Bilanz und Ethik
  7. Empfehlungen
- Annex
- Ethik zu Palmkernschalen als Zusatzbrennstoff zum Energieholz
  - Zusammenhänge im Bezug auf NO<sub>x</sub>
  - Wirtschaftlichkeit



---

#### Finanzierung:

Das Projekt wurde vom Bundesamt für Energie, im Rahmen des Programms EnergieSchweiz, der Elektra Basel Land (EBL) und der amtradeco ag finanziert.

#### Begleitgruppe:

Wir danken Bundes Amt für Umwelt und der Begleitgruppe für ihre Unterstützung und wertvolle Mitarbeit. Die Auswertung und Interpretation der Daten erfolgt in enger Zusammenarbeit mit dem Feuerungshersteller, Vertretern der lokalen Energiewirtschaft sowie Vertretern vom Auftraggeber, der amtradeco ag.

Daniel Binggeli, Bundesamt für Energie BFE  
Ulrich Ohmancht, Lufthygieneamt beider Basel  
Markus Schenk, Lufthygieneamt Kanton Aargau  
Claude Furgine, Lufthygieneamt Kanton Aargau  
Beat Andrist, Genossenschaft Elektra Baselland  
Peter Wiesner, Genossenschaft Elektra Baselland  
Daniel Egli-Tedesco, Müller - BBM Schweiz AG  
Alexandre Bergthold, Intertek AG  
Kurt Kym, Kym Bennwil  
Markus Ulrich, Schmid Energy Solution  
Enzo Di Nunzio, amtradeco ag  
Thomas Amrein, amtradeco ag

---

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autoren verantwortlich:

Thomas Amrein und Enzo Di Nunzio



# 1. Management Zusammenfassung

Der Begriff der Energiewende ist in der aktuellen Energiediskussion omnipräsent. Mit der Energiestrategie 2050 zeigt der Bund mögliche Szenarien der Energieversorgung auf. In der Botschaft zum ersten Massnahmenpaket der Energiestrategie 2050 (Schweizer Bundesrat 2013) steht dazu Folgendes: "Mit der Energiestrategie 2050 sollen unter anderem der Anteil der erneuerbaren Energien erhöht und die energiebedingten CO<sub>2</sub> Emissionen gesenkt werden."

2013 wurden aus Holz über 8400GWh Energie erzeugt. Dies entspricht etwa 4,5% des jährlichen Energieverbrauchs. In den vergangenen vier Jahrzehnten hat sich die Energieproduktion aus Holz vervierfacht, doch das Potenzial der dezentralen Wärmenutzung ist weiterhin gross. Relevant dabei sind die Ziele Wärmekraftkopplung<sup>1</sup> (WKK) und das Ausbauen der Heizverbünde.

Ein besonderes Augenmerk gilt hierbei dem möglichen quantitativen und qualitativen Beitrag der Biomasse Palmkernschalen (PKS). Der Brennstoff Palmkernschalen kann zur Effizienzsteigerung in Holzfeuerungen beitragen, um höhere Energie- und Heizwerte zu erzielen. Um zum Erfolg von Holzheizkraftwerken und Heizverbünde - als Produzenten für sichere und erneuerbare Energie - beizutragen, hat die amtradeco als Auftraggeber eine Verfügung vom Bundesamt für Energie beantragt. Die amtradeco erhielt im Rahmen des EnergieSchweiz Programms die Unterstützung, die Zusatzmischung von erneuerbaren Ressourcen auf Basis von Palmkernschalen mit Energieholz zu untersuchen und eine Empfehlung zur Verwendung im Schlussbericht zu formulieren. Es gilt mit einem Feldversuch aufzuzeigen, dass die energetische Nutzung von Palmkernschalen in Kombination mit Energieholz, zu einer zusätzlichen Substitution fossiler<sup>2</sup> Energieträger beitragen kann. Dabei soll der Fokus auf die Einhaltung der Grenzwerte der Luftthygiene gelegt werden. Die Feuerung wurde von der Elektra Baselland (EBL) vorgegeben und der Feldversuch wurde entsprechend durchgeführt. Alle Messungen wurden nach Standardnormen und gemäss den Vorgaben des Luftthygieneamts beider Basel zwischen dem 30. März und den 09. April durchgeführt.

Die Messresultate und Berechnungen zeigen, dass

- die Beimischung von Palmkernschalen zum Energieholz immer eine Energieerhöhung bewirkt.
- alle Luftthygiene-Grenzwerte bei der Verbrennung von Palmkernschalen eingehalten werden.
- eine Auslieferung von Palmkernschalen eine CO<sub>2</sub> Minderung bewirkt, dies im Vergleich zur Auslieferung der gleichen Volumen an Energieholz.
- der Einsatz von Palmkernschalen zur Minimierung der Risiken für die Holzenergie beiträgt.

Gemäss diesem Bericht wirkt sich der Einsatz von Palmkernschalen (PKS) nicht alleine auf das Herkunftsland des Rohstoffs aus, sondern viel mehr auch auf weite Bereiche des kulturellen, sozialen, wirtschaftlichen und gesundheitlichen Umfelds des Verbraucherlandes.

Die amtradeco, ist ein staatlich anerkannter Exportpartner für Palmkernschalen (PKS), welche im natürlichen Waldumfeld ohne Behandlung wachsen und von Kleinbauern aus dem Cross River State<sup>3</sup> in Nigeria bewirtschaftet werden.

Mit Mut zum Neuen und mit Zuversicht in die gemeinsamen Stärken, will die amtradeco die Wärme- und Energieindustrie bei der Umsetzung der Energiestrategie 2050 unterstützen.

<sup>1</sup> Zunächst einmal bedeutet Wärmekraftkopplung (WKK) nur, dass Strom und Wärme gleichzeitig produziert werden.

<sup>2</sup> 2014 erhöhte der Bund die CO<sub>2</sub>-Abgabe auf fossile Brennstoffe von 36CHF auf 60CHF/mt CO<sub>2</sub>, weil die Schweiz ihr CO<sub>2</sub>-Verminderungsziel 2012 für Brennstoffe verfehlte.

<sup>3</sup> Cross River State liegt im Raum des Flussdelta Niger, in diesem Raum sind die Ölplambäume einheimisch. Die Hauptstadt von Cross River State ist Calabar.



## 2. Projektschwerpunkt und anvisierte Ziele

In der Energiestrategie 2050 wird die Erhöhung der Anteile der erneuerbaren Energien vorgegeben<sup>4</sup>. amtradeco unterstützt die Energiestrategie 2050 durch die Sicherung und die Bereitstellung der nachhaltigen Ressource Palmkernschalen (PKS) als erneuerbare Energie für die Schweizer Wärme- und Energiegewinnung.

Mit der Verfügung Nr. SI/401650-01 über das Programm EnergieSchweiz vom Bundesamt für Energie (BFE) erhielt die amtradeco die Möglichkeit, die Eignung von Palmkernschalen als Zusatzbrennstoffmaterial zu Holzschnitzeln in Feuerungen wie Holzheizkraftwerken und Wärmeverbände zu prüfen.

Das Projekt folgt

- den Vorgaben des Bundesamt für Energie (BFE) zur Unterstützung der Verbrennungsversuche.
- den Emissionsmessempfehlungen des Bundesamt für Umwelt (BAFU) sowie der Luftreinhalte-Verordnung (LRV)
- dem Messprogramm des Lufthygieneamt beider Basel und Aargau.
- den Vorgaben der Genossenschaft Elektra Basel Land (EBL) bezüglich Wirtschaftlichkeit und Ethik.

Durch spezifische Versuche an einer vorgegebenen Holzfeuerung gilt es zu klären

- A. Um wieviel sich der Heizwert von Holzschnitzeln (kann Anteile von Landschaftspflegeholz enthalten) durch die Beimischung von PKS erhöht. Dies unter der Berücksichtigung der Beimischung in den Mengen 20% und 40% PKS (Volumen).
- B. Wie sich die optimierte Brennstoffmischung, die PKS und Holzsnitzel enthält, bezüglich den Kriterien der Lufthygiene Schweiz verhält.
- C. Wie sich die optimierte Brennstoffmischung PKS und Holzsnitzel, bezüglich den verschärften Kriterien der Lufthygiene der Kantone beider Basel für Sonderzonen verhält.
- D. Wie sich eine moderne Holzfeuerung eines Wärmeverbands<sup>5</sup> in einer Dauerverbrennung mit dem optimierten Brennstoff verhält.
- E. Wie die Verbrennungsrückstände zu entsorgen sind.
- F. Wie sich die Transportlogistik ausgehend vom Exportland bis zum Einsatz in den Kantonen beider Basel und Aargau auf die CO<sub>2</sub> Bilanz auswirkt.
- G. Ob der Einsatz von PKS einen Beitrag zur Reduzierung von Feinstaub in dem Holzfeuerungen leisten kann.

Zudem gehen wir mit diesem Bericht auf weitere Themen wie die Liefersicherheit, Wirtschaftlichkeit und Ethik ein.

---

<sup>4</sup> Botschaft zum ersten Massnahmenpaket der Energiestrategie 2050 (Revision des Energierechts) und zur Volksinitiative «Für den geordneten Ausstieg aus der Atomenergie (Atomausstiegsinitiative)» vom 4. September 2013 - Nr 13.074

<sup>5</sup> Ein Wärmeverbund in einer Gemeinde mit einer zentralen Feuerung welche Fernwärme für Private und industrielle Abnehmer anbietet. In unserem Fall sind Holzfeuerungen im Fokus.



## 3. Projektumfeld

### Projektteilnehmer

Um dieses Projekt zu realisieren, hat die Genossenschaft Elektra Baseland (EBL) eine Holzschnitzel-Heizanlage im Kanton Baseland zur Verfügung gestellt. In diesem Raum betreibt sie diverse Wärmeverbände mit Holzschnitzel-Heizanlagen, welche auch unter der Verordnung über die Verschärfung von Emissionsobergrenzen bei stationären Anlagen beurteilt werden.

Die Firma Kym Bennwill ist beauftragt worden, die Holzschnitzel mit PKS im vorgegebenen Mischverhältnis zu kommissionieren. Der Einsatz soll den normalen Betrieb simulieren und beinhaltet alle mögliche Arten von regulären Holzschnitzel. Hierzu wurde ein Zwischenlager in Muttenz eingerichtet. Die Anlageneigung für den optimierten Brennstoff wurde durch den Anlagenbauer Schmid Energy Solutions mit einem Techniker sichergestellt. Dieser hat die gesamte Messung begleitet, die Anlage auf die neue Brennstoffmischung eingestellt und die Einstellung in der Regeltechnik der Feuerung gespeichert.

Die Firma Intertek hat alle Qualitäts-, Quantitätskontrollen und Brennstoffmischungen im Labor analysiert und dokumentiert. Diese Arbeit hat uns dabei unterstützt, die Auswirkungen in der Praxis einzuschätzen.

Alle Lufthygienemessungen gemäss Messprogramm wurden durch die Firma Müller-BBM geführt. Dies beinhaltet die fachmännische Installation aller Messgeräte und die Entnahme der Proben.

### Wärmeverbund und Feuerungsanlage

Mit der ausgewählten Holzschnitzelfeuerung von EBL, die das ganze Jahr betrieben wird, werden ca. 90% des jährlichen Wärmebedarfs des Verbunds abgedeckt. Dank der Anlage können jährlich 408'000 Liter Heizöl eingespart und die CO<sub>2</sub> Emissionen um 1'142 Tonnen vermindert werden.

Die ausgewählte Fernwärmefeuerung der Firma Schmid Energy Solutions mit der Bezeichnung UTSR 1200.32 aus dem Jahr 2010 hat eine Nennleistung von 1'200kW. Die Brennstoffverwertung erfolgt mittels Vorschubrost und einer 2-stufigen Verbrennung (Vergaserfeuerung).

Wärmebedarf, Auslegung: 4'400'000kWh/a  
 Wärmeleistung Kunden: 2'600kW  
 Schnitzelfeuerung, Energieanteil: 88%  
 Öl- und Gasfeuerung, Energieanteil: 10%  
 Solaranlage, Energieanteil: 2%  
 Leitungslänge (VL + RL): 2.4km  
 Wärmekunden: ca. 110  
 Holzkessel Jahresverbrauch an  
 Energieholz<sup>6</sup>: ca. 4'408m<sup>3</sup>  
 Filteranlage: Scheuch, 2010

Die Anlage wurde für das Verbrennen von festen biogenen Abfällen und Erzeugnissen der Landwirtschaft (Mischung mit Energieholz) durch das Lufthygieneamt beider Basel freigegeben.



<sup>6</sup> Energieholz ist ein Überbegriff für Waldfrische Holzschnitzel, Restholz, Altholz und Landschaftspflegeholz. Diese können nur in Feuerungen ab 70kW Feuerungswärmeleistung verbrannt werden.



## Hauptbrennstoff Holzschnitzel

Wälder sind zentral in unserer Umwelt. Der Mensch nutzt ihre Güter wie Holz oder ihre Umweltleistungen wie Schutz und Erholung. Die Nutzung und Bewirtschaftung der wichtigen natürlichen Ressource der Schweiz muss ökologisch und ökonomisch sinnvoll erfolgen. Es gilt der Grundsatz der Vielfalterhaltung.

Der Wald liefert unter anderem das Holz zum Bauen und die Holzschnitzel zum Heizen. Es ist zu beobachten, dass Holz als eine nachhaltig lieferbare Ressource in der Entwicklung der erneuerbaren Energien eine zunehmend bedeutende Rolle einnimmt. Energieholz ist Holz, das in einer Feuerung energetisch genutzt wird. Knapp die Hälfte davon stammt aus minderwertigeren Holzqualitäten des in Schweizer Wälder gesammelten Rohholzes, aber es fällt auch bei der Landschaftspflege an. Der Rest kommt aus der Holzverarbeitung (häufig aus dem Ausland) oder ist Altholz. Die geplante Umsetzung der Energiewende lässt einen zunehmenden Druck auf die natürlichen Ressourcen und in der Folge auch einen Einfluss auf die erneuerbaren Energieträger und die Landschaft erwarten.

Der Schweizer Wald hat in den letzten Jahren an Fläche zugenommen, jedoch weil sich der Wald auf "nicht mehr" genutzte Alpenflächen ausdehnte.

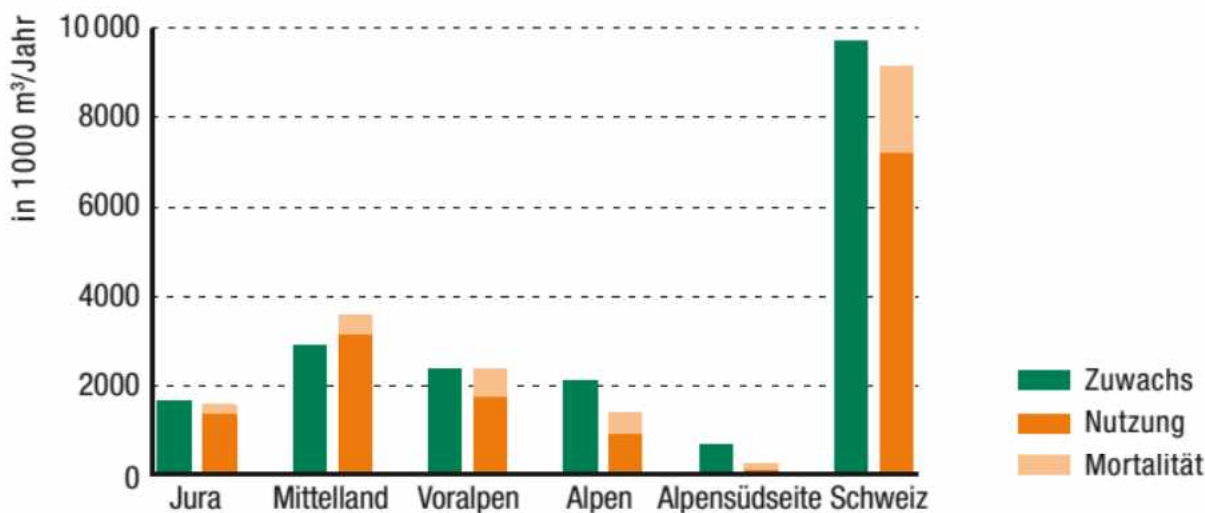
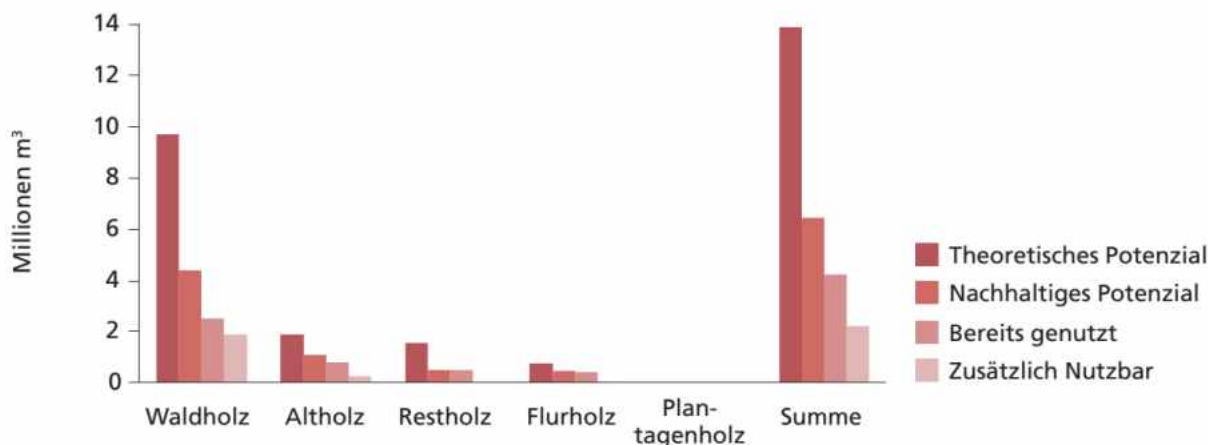


Tabelle: Holzzuwachs und die Nutzung in den Regionen der Schweiz. Quelle, WSL & LFI3

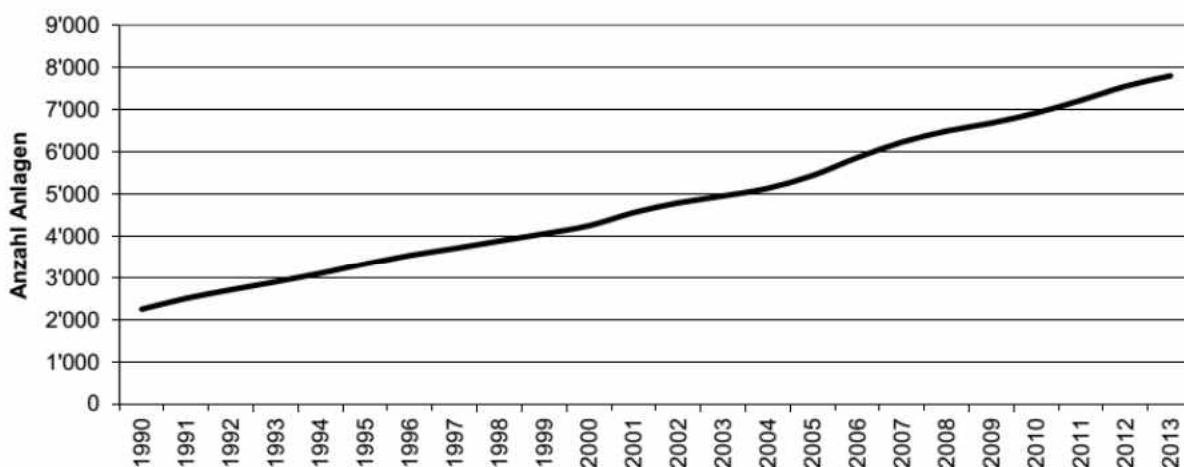
Gemäss der schweizerischen Holzenergiestatistik (BFE Erhebung 2013) sind die automatischen Feuerungen der Anlagekategorien 50kW bis Wärmekraftkopplung mit mehr als 10MW Leistung von 1990 bis 2013 um 246.3% angestiegen. Das sind 7'803 automatische Holzfeuerungen mit 3'841'422MWh Nutzenergieproduktion (Wärme und Strom) aus ca. 2'158'155m³ Energieholz inkl. Holzpeletts. Zusätzlich gehen 2015 ca. vier weitere Anlagen mit je bis zu 5MW Leistung (in der ersten Ausbaustufe) im Raum Basel und Aargau in Betrieb.

Wozu das Energieholz letztlich genutzt wird, resp. wie viel Strom und/oder Wärme produziert werden kann, hängt davon ab, wie viele Wärmekraftkopplungen und Wärmeverbünde an geeigneten Standorten gebaut werden können, wo Industriebetriebe als ganzjährige Abnehmer den Prozesswärmebedarf decken (nicht abschliessend).



Quelle: WSL, basierend auf Daten BAFU 2013a, BAFU 2013b, BFS 2014a und BFS 2014b (BAFU und Jahrbuch Wald und Holz 2014). Energieholzpotenzial der Schweiz nach Ursprungskategorien angegeben in Holzmenge (m<sup>3</sup> feste Holzmasse/Jahr; Waldholz 2017–2026, übrige Kategorien 2011)

Die heute zu energetischen Zwecken genutzten über 4.6Mio. m<sup>3</sup>/a (BFE, schweizerische Holzenergiestatistik 2013) Holz können gemäss verschiedener Berechnungen und Schätzungen des BAFU bis 2020 um die Hälfte auf 6.3Mio. m<sup>3</sup> erhöht werden. Beim Waldholz könnte die Menge an Energieholz von 2.1Mio. m<sup>3</sup>/a ohne nachteilige Wirkungen auf den Wald und auf seine Funktionen um rund 1Mio. m<sup>3</sup>/a erhöht werden. Die gleiche Menge kann bei den Sortimenten von Restholz, Altholz und Flurholz zugebaut werden.



Quelle: Schweizerische Holzenergiestatistik, EBE Erhebung 2013. Darstellung des Anlagenbestands der automatische Feuerung von 50kW bis zu Anlagen mit mehr als 10MW Leistung.

Energieholz, Holzschnitzel gibt es in verschiedensten Qualitäten von grün bis trocken. Gemäss dem Holzlieferanten haben seine Schnitzel eine Dichte von 350kg/m<sup>3</sup>. Unsere Intertek Analyse<sup>7</sup> der Referenz Holzschnitzel wurde eine Feuchtigkeit/Wassergehalt von 38.7% zugewiesen. Dies ist eine Qualität der Klasse W40. Der Heizwert von 1.027GJ/mt oder 2.852kWh/kg (998.47kWh/m<sup>3</sup>) wurde als Ausgang für weiterführende Berechnungen genommen.

Die aufgeführten Holzressourcen können aufgrund ihres begrenzten Anfalls den Energiebedarf in der Schweiz bei Weitem nicht decken. Aus diesem Grund muss Energieholz so effizient wie möglich

<sup>7</sup> Intertek Analyse Report Nummer 115139/02 vom 17.03.2015



bereitgestellt und optimiert werden um mit einem maximalen Wirkungsgrad und mit einer maximalen Substitutionswirkung genutzt werden zu können.

## Zusatzbrennstoff Palmkernschalen (PKS)

Der Ölpalmbaum wächst in der tropischen Zone und ist ein natürlicher Bestandteil der nigerianischen Waldvegetation. Die Menschen in Nigeria nutzen seine Früchte zur Koch- und Seifenölgewinnung, also für den Landesbedarf an Nahrung und Hygiene. Die Nutzung und die Bewirtschaftung der Ressourcen Wälder und Plantagen erfolgen daher nachhaltig. Zur Sicherstellung der Nachhaltigkeit arbeitet amtradeco eng mit der Organisation "The Forest Trust"<sup>8</sup> zusammen und bezieht die Palmkernschalen nur von Privaten, Gemeinden, kleingewerblichen Herstellern und Kleinbauern (Wild Groves<sup>9</sup>).

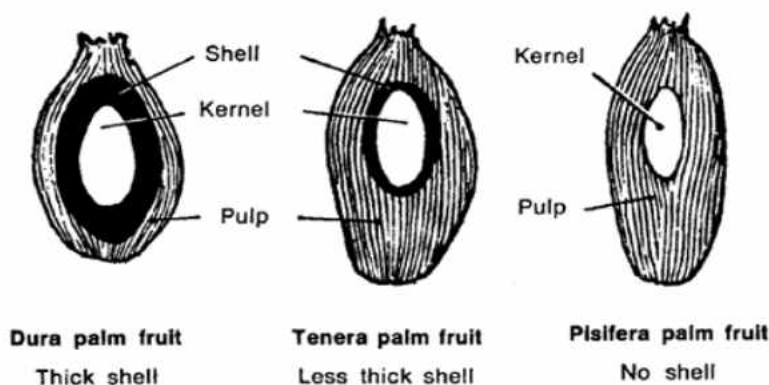
	Estimated Area under Oil Palm (tree)			Total FFB t/y (1.5t/ha/year)	CPO (22.5%) mt	PKS (min 5%) mt	PKS Volumes for Export in mt		
	Wild Groves (1.5t/ha/y)	Medium and Small Holders (3t/ha/y)	Estates Plantation (5t/ha/y)				Onne Port	Calabar Port	Lagos Port
Akwa-Ibom	240.000	32.277	3.095	456831	102.786,98	22.841,55	13.705	9.137	
Edo	50.000	24.542	26.147	148626	33.440,85	7.431,30			7.431
Ondo	85.000	10.143	16.169	157929	35.534,03	7.896,45			7.896
Rivers	91.655	57.000	16.300	308482,5	69.408,56	15.424,13	15.424		
Cross Rivers	240.000	29.577	26.207	448731	100.964,48	22.436,55		22.437	
Delta	60.000	13.730	6.246	131190	29.517,75	6.559,50		656	
Abia	150.000	29.765	4.589	314295	70.716,38	15.714,75		15.715	
Imo	106.690	67.690	3.410	363105	81.698,63	18.155,25		18.155	
Bayelsa	39.000	2.459	1.212	65877	14.822,33	3.293,85		3.294	
					538.889,96	119.753,33	66.949	31.573	15.328

Quelle: Palm Oil Value Chain Analysis Niger Delta 2011. Tabelle zu amtradeco's PKS Potential.

Die Palmkernschale ist ein erneuerbarer und klimaneutraler Rohstoff. Sie fällt als Abfallprodukt an und ist energetisch für die Gewinnung von Wärme und Strom mittels Feuerungen einsetzbar.

Es ist festzustellen, dass Palmkernschalen als energetische Ressource in Dänemark, Polen, Italien und Irland heute schon eine bedeutende Rolle einnehmen.

Die Palmkernschalen gibt es in verschiedenen Arten. 90% davon stammen aus Asien, welche eine minderwertigere Brenneigenschaft als unsere Palmkernschalen der Sorte "Dura Palm Fruit" aus Calabar (Cross River State) haben. Der Unterschied liegt in der Dicke der Schale (Shell, eng). Denn die Tenera und Pisifera aus Asien wird speziell für die Pflanzenöl (Plamöl) Gewinnung gezüchtet und optimiert.



amtradeco Sub-Sahara FZE nimmt in der Freihandelszone in Calabar, Nigeria die Palmkernschalen von Privatleuten, Kleinbauern und Gemeinden entgegen. Die Aufbereitung beinhaltet das Waschen und Befreien von unerwünschten Ablagerungen und das Sieben zur Separation von weiteren unerwünschten

<sup>8</sup> The Forest Trust (TFT) unterstützt ausgewählte Firmen um die höchsten Nachhaltigkeitstufe in der Produktion, Besorgung von Rohstoffen zu erreichen und zu erhalten. Die beinhaltet eine 100% Non-De-Forestation Policy.

<sup>9</sup> Mit Wild Groves sind Ölpalm Baumbestände welche im natürlichem Waldumfeld ohne Behandlung wachsen und von Kleinbauern bewirtschaftet werden. Sie sind durch natürliche die Samenverbreitung entstanden.



Teilen. Der Aufbereitungsprozess wird soweit standardisiert, um die Produktspezifikation EN ISO 17225-6 dauerhaft zu erfüllen. Mit der Bewilligung des Nigerian Export Promotion Council hat die amtradeco Sub-Sahara FZE in Nigeria eine offizielle Lizenz, die Palmkernschalen zu exportieren.



Quelle: amtradeco Sub-Sahara FZE in Calabar im April 2015. Bilder zeigen einen Einblick in die Produktion des Brennstoffes.

Die Palmkernschalen von amtradeco werden vom Bundesamt für Umwelt als „biogener Abfall der Landwirtschaft“ angesehen und können dadurch in Feuerungen ab 70kW Feuerungswärmeleistung (Überbauung ab ca. 8 Wohneinheiten im Minergiestandard) verbrannt werden, wenn die Anlage entsprechend nach LRV Anhang 2 Ziffer 74 bewilligt ist. Die Anlage wird in der Regel einen Filter benötigen, damit der Staubgrenzwert (20mg/m<sup>3</sup>) eingehalten werden kann.

Gemäss Intertek<sup>10</sup> Analyse haben die Palmkernschalen im angelieferten Zustand bei einer Feuchtigkeit/Wassergehalt von 13% und einer Dichte von 611kg/m<sup>3</sup> einen Heizwert von 16.96GJ/mt oder 4.711kWh/kg (2'878.49kWh/m<sup>3</sup>).

Die lieferbaren PKS Mengen der amtradeco sind zwischen 10'000-50'000mt/a. Die amtradeco unterstützt die Energiestrategie 2050 durch die Sicherung und die Bereitstellung der nachhaltigen Ressource Palmkernschalen als CO<sub>2</sub> neutrale Energie für die Schweizer Wärme- und Energieindustrie.

Jahr	Metrische Tonnen (mt)	Kilowatt Hour (kWh)	CO <sub>2</sub> Substitution in mt
2015	10'000	47'111'111	12'227
2016	18'000	84'798'000	22'009
2016*	50'000	235'550'000	61'137

Tabelle: Lieferbare Mengen durch amtradeco und die erwartete Energie. Alle Daten wurde anhand der EBL Vorlage berechnet und basiert auf die Einsparung von Heizöl (\*Ziel).

## Sicherstellung der Brennstoffqualität

Bei der Aufbereitung des Brennstoffs in Calabar wird darauf geachtet, dass die Prozesse mittels Arbeitssicherheit, Qualitätssicherung, Arbeitsanweisungen und Aufsicht eingehalten werden. Der

<sup>10</sup> Intertek Analyse Report Nummer 115139/01 vom 17.03.2015



Brennstoff wird jeweils vor der Verschiffung<sup>11</sup> und Ankunft auf die Einhaltung der Normen EN ISO 17225-6 und EN ISO 17225-1 getestet.

Bei der Aufbereitung zu der Lieferung der Holzschnitzel (HS) sind wir von vorhanden Daten ausgegangen und haben die möglichen Qualitätsabweichungen der Holzschnitzellieferungen für den Feldversuch in unsere Berechnungen und Entscheidungen mit einbezogen.

Parameter	Einheit	Periodische Messbericht auf den Mittelwerte bezogen		
		28.01.2013 60% Last 100% HS Beginn 11:16 Uhr Bericht Nr. 12.082	26.01.2015 80% Last 100% HS Beginn 08:50 Bericht Nr. 14.118	26.01.2015 35% Last 100% HS Beginn 10:31 Bericht Nr. 14.118
Kohlenmonoxid (CO)	mg/m <sup>3</sup>	31	7	5
Gesamtkohlenstoff (C)	Vol. %	13.7	14.3	10.2
Stickstoffoxid <sup>12</sup>	mg/m <sup>3</sup>	184.3	175.3	150
Gesamtstaub	mg/m <sup>3</sup>	3	4	5
Feuerwärmeleistung	kW	827	1086	574

Tabelle: Alle Werte sind von den Messberichten zur ausgewählte Fernwärmefeuering von Firma Mess-bar GmbH in Langendorf übernommen worden.

Für die Brennstoffmischungen mit Holzschnitzeln werden Arbeitsanweisungen erstellt und kommuniziert. Die Mischungen können durch Treibstoff- und Brennstoff-Prüffirmen begleitet werden. In Calabar wird die Brennstoffqualität von SGS und in der Schweiz die Einfuhr und die Mischung von Intertek sichergestellt. Jede Begleitung wird dokumentiert und mit einer Analyse belegt.



Quelle: amtradeco, Aufnahmen im Aufbereitungslager in Muttenz. Bild der Holzchnitzel (Buchenholz mit Rindeanteil), links und Bild der Palmkernschalen, rechts

<sup>11</sup> Beinhaltet beim Verschiffen den Begasungsvorgang zur Befreiung von Pilzen und Insekten durch SGS.

<sup>12</sup> Aussage Schmid Energy Solution: Ein NO<sub>x</sub> Wert von unter 200mg/m<sup>3</sup> kann z.B. oft nur sicher erreicht werden bei der Verbrennung von Stammholzpellets und Stammholzchnitzel. In der LRV Anhang 2 Ziffer 72 ist der Stickoxide NO<sub>x</sub> Grenzwerte bei 250mg/m<sup>3</sup>.

## Periode und klimatische Bedingungen

Das Teilprojekt der Dauerverbrennung mit den Lufthygienemessungen wurde im Zeitraum 30. März bis 09. April 2015 durchgeführt. Während dieser Periode herrschten Aussentemperaturen zwischen -1,4 °C bis 15,9 °C.

## Projektplanung und -umsetzung

Damit dieses Projekt umgesetzt werden konnte, musste im Vorfeld eine detaillierte Planung in Zusammenarbeit mit allen Beteiligten gemacht werden. Zusätzlich wurde das Brennmaterial vom Ausgangsland Nigeria in die Schweiz überführt, um eine komplette Simulation der Logistik durchzuführen. Von der Planung bis zur Ausführung haben alle Beteiligten als Team erfolgreich zusammengearbeitet.

Als Kontrolle wurde der Projektplan präsentiert, diskutiert und umgesetzt. Beim Projekt wurde der PDCA<sup>13</sup>-Zyklus mehrfach durchlaufen.

	Plan	Do	Check	Act
1. Zyklus	Projektplanung	Rohmaterial bereitgestellt	Via Intertek erste Analyse von Holz und PKS	Freigabe für 1. Mischung (40% PKS)
2. Zyklus	Zeitraum ausgewählt 30./31. März 2015	1. Mischung kommissioniert und gemäss Vorgabe verheizt	Via MBB, Intertek und Schmid Energy Solution	Mischverhältnis für 2. Messung definiert (20% PKS)
3. Zyklus	Neue Zeitraum ausgewählt 08./09. April 2015	2. Mischung kommissioniert und gemäss Vorgabe verheizt	Via MBB, Intertek und Schmid Energy Solution	Schlussbericht erstellen

<sup>13</sup> PDCA: Plan, Do, Check and Act



## 4. Messprogramm zur Lufthygiene

Die im Zusammenhang mit den Messungen beauftragten Firmen sind anhand ihrer qualitativen Leistungsbeschreibung beauftragt worden. Die Messungen der Verbrennungen im Feldversuch wurden auf eine maximale Dauer von 3 Wochen festgelegt.

Das Messprogramm zur Lufthygiene wurde durch die Lufthygieneämter der Kantone beider Basel und Aargau erstellt und der EBL am 20. Januar 2015 zugestellt. Auf den folgenden Leitfaden musste amtradeco bei der Umsetzung der Messungen achten:

### Leitfaden zur Lufthygienemessung

Die Messungen sind gemäss der Vollzugrichtlinie "Emissionsmessungen bei stationären Anlagen" (Emissions-Messempfehlungen; BAFU 2013) durchgeführt worden.

Die Holzfeuerung ist für Holzbrennstoffe nach der Luftreinhalte Verordnung (LRV) Anhang 3 Ziffer 52 und Anhang 2 Ziffer 72 beurteilt. Die Versuche werden sowohl in Teil- (bis 40% FWL) als auch im Volllastbetrieb (ab 70% FWL) durchgeführt und messtechnisch begleitet.



Bei einer Grenzwertüberschreitung über einen Zeitraum von 5 Stunden oder bei erkennbar übermässigen Emissionen wird die Anlage abgestellt und der Versuch sofort unterbrochen. Über die gesamte Messdauer werden die relevanten Emissionsmessungen aufgezeichnet. Zusätzlich wurde auf eine Dioxinmessung verzichtet. Falls allerdings der HCL Wert sehr hoch ist, muss dies nachträglich erstellt werden.

Nach der Einhaltung aller Bedingungen und der Freigabe, konnte der Feldversuch nach Messprogramm am 30. März 2015 beginnen und wurde erfolgreich am 09. April 2015 abgeschlossen.

## LRV Emissionsgrenzwerte zur Feuerung von biogenen Abfällen

Feste biogene Abfälle und Erzeugnisse der Landwirtschaft nach LRV Anhang 2 Ziffer 741<sup>14</sup> dürfen nicht in Anlagen mit einer Feuerungswärmeleistung von weniger als 70kW<sup>15</sup> verbrannt werden und die Emissionen dürfen folgende Werte nicht überschreiten:

Feuerungswärmeleistung		bis 1MW	1MW bis 10MW	über 10MW
Sauerstoffgehalt	Vol. %	13	11	11
Gesamtstaub	mg/m <sup>3</sup>	20	20	10
Kohlenmonoxid (CO)	mg/m <sup>3</sup>	500	250	150
Stickstoffoxid (NO <sub>x</sub> )	mg/m <sup>3</sup>	250	250	150

Bei der Mischung von PKS und Holzbrennstoffen gelten nach LRV Anhang 2 Ziffer 741 Absatz 3 grundsätzlich Mischgrenzwerte. Da bei der vorliegenden Anlage mit einer Feuerungswärmeleistung ab 1MW für beide Brennstoffe die gleichen Grenzwerte bestehen, wurde Mischgrenzwerte nicht benötigt.

## Verschärfte VVESA<sup>16</sup> Emissionsbegrenzungen

Die Emissionen im Massnahmegebiet für stationäre Anlagen sind vom Lufthygieneamt beider Basel vorgeschrieben und dürfen folgende LRV Werte nicht überschreiten.

Parameter	Grenzwert
Feststoffe insgesamt	20 mg/m <sup>3</sup>
Kohlenmonoxid (CO)	250 mg/m <sup>3</sup>
<sup>17</sup> Stickoxide NO <sub>x</sub> , angegeben als Stickstoffoxid NO <sub>2</sub>	200 mg/m <sup>3</sup>
Flüchtige organische Verbindungen, angegeben als Gesamtkohlenstoff	20 mg/m <sup>3</sup>
Summe von Zink und Blei	1 mg/m <sup>3</sup>
Schwefeloxide, angegeben als SO <sub>2</sub>	50 mg/m <sup>3</sup>
Flüchtige chloride Verbindungen angegeben als HCL	20 mg/m <sup>3</sup>
Chrom und seine Verbindungen	5 mg/m <sup>3</sup>
Kupfer und seine Verbindungen	5 mg/m <sup>3</sup>
Fluorwasserstoff (HF)	2 mg/m <sup>3</sup>

<sup>14</sup> Gemäss Bundesamt für Umwelt BAFU, werden die Palmkernschalen als biogene Abfälle und Erzeugnisse der Landwirtschaft taxiert.

<sup>15</sup> LRV Anhang 2 Ziffer 743

<sup>16</sup> Verordnung über die Verschärfung von Emissionsbegrenzungen bei stationären Anlagen des Kanton Basel-Landschaft (SGS 786.14)

<sup>17</sup> Ab einem Massentrom von 2.5kg/h (2'500g/h)



## Leitfaden zur Mischung Holzsnitzel und Palmkernschalen

Das Messprogramm gibt Folgendes vor: Es sind Palmkernschalen in verschiedenen vorher definierten Mengenverhältnissen mitzubrennen. Die zugefügte Menge an PKS ist im Messbericht abgebildet. Um die Mengenverhältnisse festzustellen wurden die Proben zuvor aus den Palmkernschalen- und den Holzsnitzellager auf die relevanten Kriterien analysiert. Die Resultate führten zu den Mengenverhältnissen. Die Prüffirma beaufsichtigte und kontrollierte das Mischen.

Die PKS und Holzsnitzel wurden in Muttenz gelagert und im Beisein des Inspektors der Prüffirma in die Container gemischt. Die erste Volumenmischungen waren zu 40% PKS und zu 60% Holzsnitzeln.



Alle Auslieferungen des optimierten Brennmaterials wurden in 40m<sup>3</sup> und 37m<sup>3</sup> Container erstellt.



Eine regelmässige Überprüfung durch Stichproben zur Feststellung der Mischverhältnisse im Silo wurden erstellt und Veränderungen wurden in der Gruppe sofort besprochen. Dies war von grosser Bedeutung, um die Lufthygienemessungen mit den richtigen Mischungen begleiten zu können.



Bilder: Zwischenlager in Muttenz, Brennstoffsilo und der Schubodenausgang der Anlage



## 5. Resultate zum Feldversuch

Alle Vorbereitungen, Besprechungen, Ausführungen, Messungen und Berichte wurden nach Standardnormen ausgeführt. Alle folgenden Messresultate und Erklärungen sind von der EBL, Schmid Energy Solution, Intertek, Müller-BBM und der amtradeco im Zusammenhang mit dem Feldversuch gemacht worden. Zuerst wurden die Brennstoffe im Labor untersucht.

### Laborresultate: Mischung Holzsplitzel und Palmkernschalen

Die Rohstoffe wurden vom Lager Muttentz gemäss Vorgaben entnommen und zur Messung an die Intertek übergeben. Gemäss Laboruntersuchung hat das PKS die EN ISO 17225-6 Norm eingehalten, die Holzsplitzel erhalten die W40 Norm. Die Mischungen sind in Volumen<sup>18</sup> (m<sup>3</sup>) Holzsplitzel (HS) und Palmkernschalen (PKS) zu verstehen.

	(HS) Holzsplitzel	Palmkernschalen	80% HS / 20% PKS (V/V)	40% HS / 60% PKS (V/V)	40% HS / 60% PKS (V/V)
Ash/Asche	1.46%	1.29%	-	-	-
Calorific Value <sup>19</sup>	10.27MJ/kg	16.96MJ/kg	12.18MJ/kg	13.80MJ/kg	15.31MJ/kg
Carbon	27.28%	42.72%	32.42%	35.94%	39.05%
Nitrogen	0.25%	0.36%	0.29%	0.34%	0.38%
Sulfur	0.07%	0.045%	0.07%	0.07%	0.06%

Tabelle: Alle Werte sind als as-received (im eingesendeten Zustand) zu verstehen.

### Laborresultate: Optimierter Brennstoff vs Holzsplitzel

Die Beimischung von Palmkernschalen zu den Holzsplitzel (HS) hat immer einen positiven Effekt auf den Heizwert pro kg oder m<sup>3</sup> und wirkt Wassergehalt mindernd.

	(HS) Holzsplitzel	Palmkernschalen	80% HS / 20% PKS (V/V)	40% HS / 60% PKS (V/V)	40% HS / 60% PKS (V/V)
Brennwert (MJ/kg)	12.01	18.41	13.84	15.38	16.77
Heizwert (MJ/kg)	10.27	16.96	12.18	13.80	15.31
Heizwert (kWh/kg)	2.852	4.711	3.383	3.833	4.253
Wassergehalt (m/m) in %	38.7	13.7	31.0	25.1	19.6

Tabelle: Alle Werte sind als as-received (im eingesendeten Zustand) zu verstehen.

<sup>18</sup> V/V bedeutet, Volumen/Volumen und wird oft verwendet, wenn zwei Substanzen/Stoffe gemischt werden.

<sup>19</sup> Calorific value, net, as received ist der Heizwert und wird nach DIN 51900 ermittelt.



## Berechnungen zu den Brennstoffmischungen

Anhand der Laboruntersuchung von Intertek konnten die Heizwerterhöhungen dokumentiert werden. Die gemessenen Daten haben uns überzeugt den Feldversuch mit den Mischungen 60% Holzschnitzel / 40% PKS und 80% Holzschnitzel / 20% PKS umzusetzen.

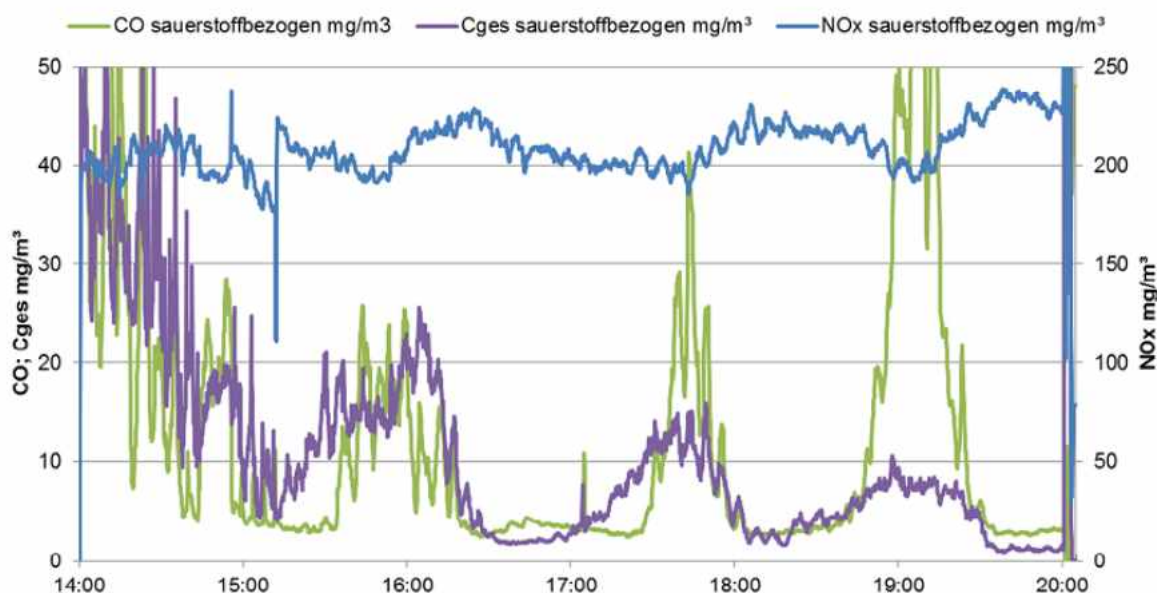
Holzschnitzel in %	PKS in %	PKS in m <sup>3</sup>	PKS in kg	Heizwert-erhöhung in %
80	20	8	4'888	18.6
70	30	12	7'332	25.5
60	40	16	9'776	34.4
40	60	24	14'664	49.1

Tabelle: Die möglichen Mischungen (V/V) des Brennstoffs für eine Holzfeuerung basieren auf den Intertek Analysen der Brennstoffmischungen. Die Mengen beziehen sich auf 40m<sup>3</sup> Brennstoff Liefereinheiten.

## Kontinuierliche Emissionsüberwachung

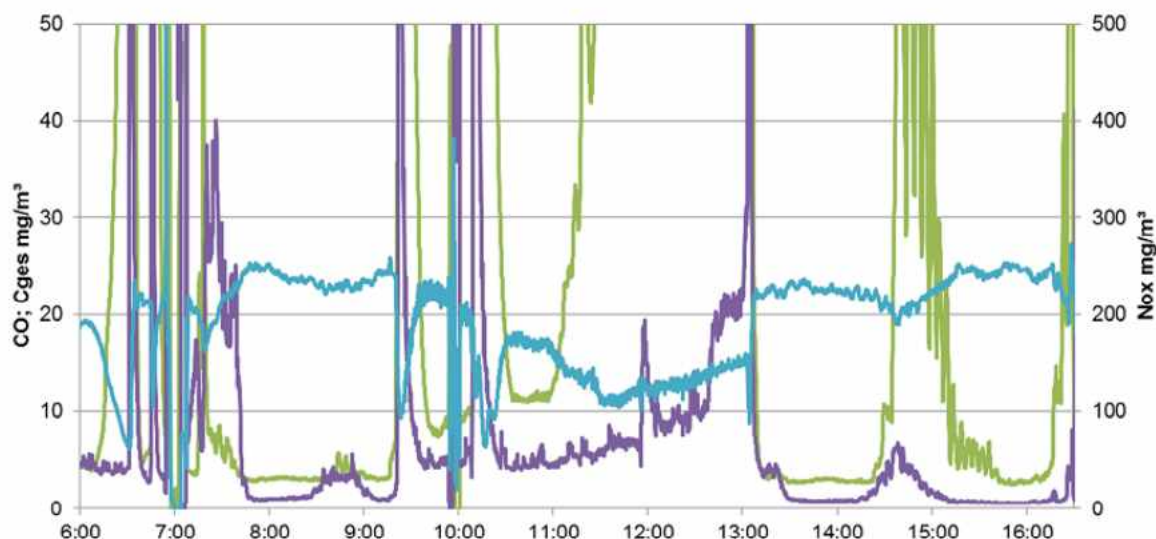
Die O<sub>2</sub>, CO und NO<sub>x</sub> Konzentrationen wurden über die Messdauer kontinuierlich überwacht. Die Messresultate und die Darstellung der kontinuierlichen Emissionsmessung sind als Grafik und in tabellarischer Form dargestellt.

Die 60% Holzschnitzel und 40% Palmkernschalenmischung war am 30.März ab ca. 13.30 Uhr in der Feuerung. Die offiziellen Messungen bei Teillast zu 30% begannen um 14.00 Uhr.

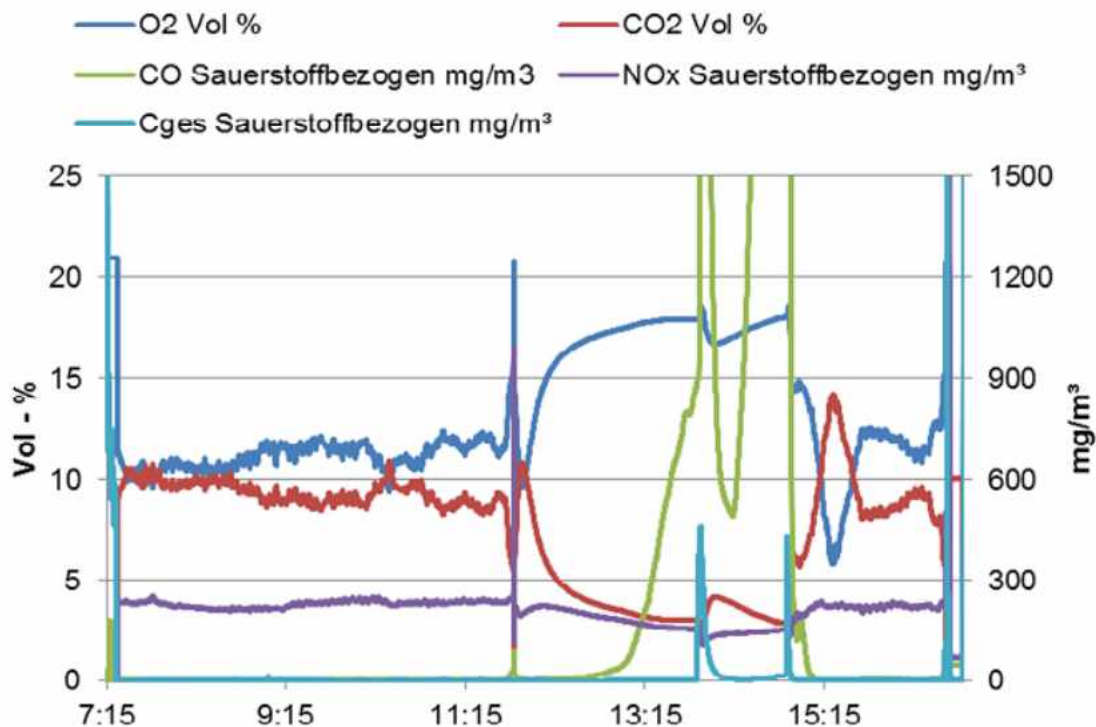


Die folgende Graphik zeigt die Parameterüberprüfung vom 31. März bei Volllast. Die Messung musste nach zwei Stunden Messzeit unterbrochen werden, da keine Wärmeabnahme des Fernwärmenetzes

vorhanden war und der Pufferspeicher gefüllt war. Die Messungen wurden dann am Nachmittag fortgesetzt, sodass die Messzeit insgesamt fünf Stunden betrug.

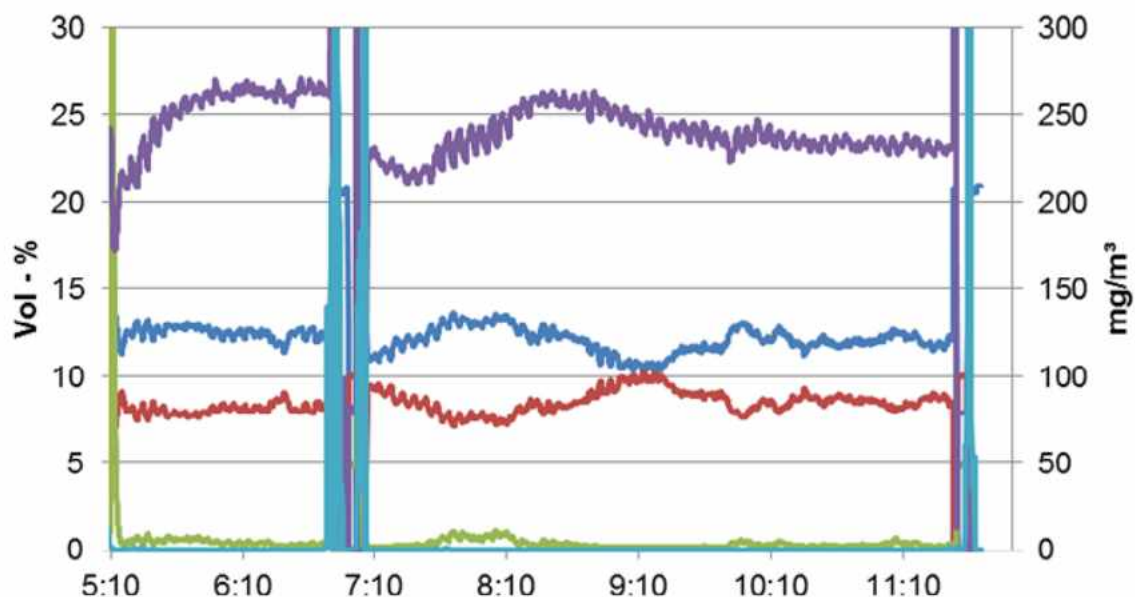


Die folgende Graphik zeigt die Parameterüberprüfung vom 08. April. Um ca. 09.25 Uhr war die Mischung 80% Holzschnitzel und 20% Palmkernschalen in der Feuerung. Die Feuerung lief auf Vollast bei 70%. Allerdings war nach 2 Stunden Messzeit die Wärmeabnahme des Fernwärmenetzes nicht mehr gegeben und der Pufferspeicher gefüllt. Die Messung wurde um 15:05 Uhr fortgesetzt. Aufgrund der warmen Witterungsverhältnisse und der fehlenden Wärmeabnahme konnte nur eine Messzeit von weiteren 1,5 Stunden erreicht werden.





Die folgende Graphik zeigt die Parameterüberprüfung vom 09. April bei Teillast. Der Kessel lief seit ca. 05.10 Uhr mit der geforderten Leistung von 30%.



### Emissionswerte gemäss den Parametern der Lufthygiene

Ein Bestandteil der Messanforderung ist, während einer Messdauer von 5h pro Laststufe und pro Mischverhältnis Holzspäne und PKS diverse amtliche Messungen zu erstellen. Die Messstelle wurde im senkrechten Bereich des Kamins (Abgaserohr) auf 4m Höhe an den EMPA-Stützen angebracht.

Parameter zur Brennstoffmischung	Grenzwert	Messreihe - Konzentration bezogen auf 11% O2				
		30% Last 40% PKS 30. März	70% Last 40% PKS 31. März	70% Last 40% PKS 8. April	70% Last 20% PKS 8. April	30% Last 20% PKS 9. April
Kohlenmonoxid (CO)	250 mg/m <sup>3</sup>	10	9.8	2	3.4	3.8
Gesamtkohlenstoff (C)	20 mg/m <sup>3</sup>	10	2.3	2	1	1.48
Stickstoffoxid <sup>20</sup>	200 / 250 mg/m <sup>3</sup>	208	231.4	218	227	243.6
Chlorwasserstoffsäure (HCL)	20 mg/m <sup>3</sup>	1.4	1	1	1.2	1
Fluorwasserstoff (HF)	2 mg/m <sup>3</sup>	0.24	0.116	0.27	0.09	0.068
Schwefeloxide (SO2)	50 mg/m <sup>3</sup>	9.2	11.6	39	44.2	21.8

<sup>20</sup> In der LRV Anhang 2 Ziffer 72 ist der Stickoxide NO<sub>x</sub> Grenzwerte für die Schweiz auf 250mg/m<sup>3</sup> angegeben. Aussage Schmid Energy Solution: Ein NO<sub>x</sub> Wert von unter 200mg/m<sup>3</sup> kann z.B. oft nur sicher erreicht werden bei der Verbrennung von Stammholzpellets und Holzspäne.

Gesamtstaub	20 mg/m <sup>3</sup>	9.4	7.4	5.6	3.8	1.4
Blei (Pb)	Summenparameter	0.024	0.0156	0.0093	0.0078	0.004
Chrom (Cr)	5 mg/m <sup>3</sup>	0.003	0.0028	0.002	0.002	0.0016
Kupfer (Cu)	5 mg/m <sup>3</sup>	0.022	0.0152	0.0096	0.0072	0.0024
Zink (Zn)	Summenparameter	0.156	0.086	0.066	0.054	0.022
Summe von Zink und Blei (Zn/Pb)	1 mg/m <sup>3</sup>	0.18	0.09	0.073	0.064	0.024

Tabelle: Die Mittelwerte (Messwerte) sind auf trockenes Abgas im Normzustand und einem Sauerstoffgehalt von 11 Vol.-% zu beziehen. Müller-BBM AG, Bericht Nr. C89725/01 von 5. Mai 2015

Die im Massnahmengebiet verschärften Grenzwerte für NO<sub>x</sub> wurden durch die EBL kompensiert. Die gelieferten Holzschnitzel in der Stichkontrolle ab 08. April bestanden teilweise aus versticktem Buchenholz und hatten einen höheren Anteil an Rinde als die ersten Lieferungen. Grundsätzlich sind NO<sub>x</sub> Emissionen stark abhängig vom Brennstoff sowie vom Anlagentyp und dessen Betriebsweise.

Gemäss der Ausführung nach den Emissions-Messempfehlungen vom BAFU wurden alle Parameter eingehalten und alle Grenzwerte erfüllt. Die Plausibilitätsprüfung der Müller-BBM ergab: "Die ermittelten Ergebnisse sind für den verwendeten Brennstoff und die Betriebsbedingungen als plausibel einzustufen."

In der "Beurteilung Emissionsmessungen beim Einsatz von Palmkernschalen als Zusatzbrennmaterial" des Lufthygieneamtes beider Basel vom 28. Mai 2015, sind zwei interessante Feststellungen gemacht worden, die in der folgenden Tabelle mit den Anmerkungen der amtradeco zu finden sind.

Feststellungen LHA beider Basel	Anmerkungen amtradeco
Die überprüften Parameter zeigen eine Überschreitung des kantonal verschärften NO <sub>x</sub> Grenzwerts von 200mg/m <sup>3</sup> gemäss VVESA. Der Konzentrations-Grenzwert der LRV von 250mg/m <sup>3</sup> wird allerdings unter Berücksichtigung der Messunsicherheit eingehalten.	Die NO <sub>x</sub> Emissionen sind stark vom Brennstoff, vom Anlagentyp und deren Betriebsweise abhängig. In den Sonderzonen müssen die Feuerungen mehr Auflagen zur Emissionsreduktion einhalten, daher haben diese De-NO <sub>x</sub> Technik installiert. Dank dieser Technik und/oder weiteren Massnahmen, ist es möglich den Grenzwert von 200mg/m <sup>3</sup> einzuhalten. Das PKS kann daher auch in Sonderzonen nach VVESA, in Abstimmung mit dem LHA beider Basel, eingesetzt werden.
Am 8. April wurde eine Überschreitung des SO <sub>2</sub> Grenzwertes festgestellt. Der höchste Messwert ergab 89 +/-5 mg/m <sup>3</sup> . Am 8.April wurden ab 07:42 bis 16:15 Uhr sieben SO <sub>2</sub> Messungen durchgeführt. Alle sind stabil bis die vorletzte Messung um 15:08 bis 15:38 Uhr. Der Brennstoff PKS kann nicht als Grund angegeben werden.	Dieser Vorfall war die Folge einer Notabschaltung der Feuerung - "Die Feuerung lief auf Vollast bei 70%. Allerdings war nach 2 Stunden Messzeit die Wärmeabnahme des Fernwärmenetzes nicht mehr gegeben und der Pufferspeicher gefüllt. Die Messung wurde um 15:05 Uhr fortgesetzt." Unter diesen Betriebsbedingung ist daher die Messung zwischen 15:08-15:38 für die Analyse nicht nutzbar.



## PKS Beitrag zur Reduzierung von Feinstaub in Holzfeuerungen

Gemäss Protokoll von Schmid Energy Solution erzeugt die Feuerung mit PKS sehr tiefe Staubwerte im Rohgas. Bei der eigentlichen Feuerung mit dem optimierten Brennstoff konnten anhand der offiziellen Emissionsmessungen die Gesamtstaubgrenzwerte von  $20\text{mg}/\text{m}^3$  eingehalten werden. Grundsätzlich verfügt die Anlage über einen Filteranlage und die Anlage ist für den optimierten Brennstoff geeignet.

## Feuerung im Feldversuch mit dem optimierten Brennstoff

Gemäss Schmid Energy Solution wird die Brennstoffmischung gut von der Anlage in Wärme umgewandelt. Bei den Messungen und Analysen wurde festgestellt, dass die vorhandene Abgaszyklon keinen Einfluss auf die  $\text{NO}_x$  Werte hatte. Die erhöhten Temperaturen und längeren Brenneigenschaften des Zusatzbrennstoffs PKS verlangten das Anlegen einer zusätzlichen Regelung. Darüber hinaus ermöglicht der Einsatz von PKS vor allem im Schwachlast-Betrieb (Sommerbetrieb) tiefere Last-Möglichkeiten, sofern die Verbrennungsregelung auf den Brennstoff eingestellt werden kann.

## Verbrennungsrückständen und die Ascheentsorgung

Gemäss Beobachtung war der Ausbrand der Brennstoffmischung auf allen Laststufen vollständig. Die Asche wurde durch den Vorschubrost langsam zum Ende des Rostes transportiert und dort der automatischen Entaschung zugeführt. Im Aschebehälter wurden Schlackebrocken festgestellt. Diese sind gemäss Schmid Energy Solution jedoch bedenkenlos, da dies auch bei Holzschnitzel mit hohem Wassergehalt, Hackschnitzel mit hohem Rinden- oder Nadelanteil zu beobachten sei.

Gemäss Amt für Umweltschutz und Energie des Kantons Baselland, braucht es für den Zusatzbrennstoff PKS keine Bewilligung für die Entsorgung. Die Ascheanalyse des gemischten Brennstoffes sollte jedoch analysiert werden. Somit kann die im Raum Baselland bestehende Reaktor-Deponie "Elbis Graben" alle Ascheabfälle des optimierten Brennstoffs entgegennehmen.



Quelle: amtradeco Aufnahmen, April 2014. Bilder zeigen die EBL Feuerung während des Projekts

Die folgende Tabelle zeigt die Aschequalität gemäss Prüfbericht der Intertek aus dem Feldversuch. Die Analyse der Holzschnitzelasche in der folgenden Tabelle ist durch AgroLab Swiss GmbH am 22.03.2013 im Auftrag des Holzschnitzellieferanten erstellt worden (Ausgangsmaterial und Qualität sind nicht bekannt). Es wurden die Zyklonasche und Rostasche des optimierten Brennstoffs der Holzschnitzelasche gegenübergestellt.



Zusätzlich wurde festgestellt, dass das PKS ca. 11.65% weniger Asche erzeugt als die erhaltenen Holzschnitzel. Damit mindert sich die Aschemenge für die Entsorgung. Im Feldversuch wurde dieser Parameter nicht verfolgt.

Parameter nach SOP 613		Palmkernschalen und Holzschnitzel		Holzschnitzel*	
		Zyklonasche Prüfbericht Nr. 115132/09	Rostasche Prüfbericht Nr. 115139/08	Zyklonasche Labor Nr. 13-0311.2	Rostasche Labor Nr. 13-0311.1
Cadmium (Cd)	mg/kg	25	unter 10	36	0.03
Chrom (Cr)	mg/kg	110	60	67	66
Kupfer (Cu)	mg/kg	670	270	192	127
Nickel (Ni)	mg/kg	20	15	70	42
Blei (Pb)	mg/kg	700	unter 10	70	4
Zink (Zn)	mg/kg	3'860	25	1'885	22

## CO<sub>2</sub> Bilanz vom Exportland bis zum Einsatzgebiet

In dieser Beurteilung zur CO<sub>2</sub> Bilanz werden wir aus Gründen der Vielfalt nicht alle CO<sub>2</sub> relevanten Bereiche der Holzschnitzproduktion mit der Palmkernschalenproduktion in Vergleich setzen. Wir beschränken uns auf den Transportweg vom angenommen letzten Lagerplatz des festen Brennstoffs bis zur Feuerungsanlage des Wärmeverbands, um eine erste Aussage zur CO<sub>2</sub> Bilanz der Logistik tätigen zu können.

In diesem Beispiel hat die Holzschnitzel Feuerungsanlage einen Wärmebedarf von 4'400'000kWh/a.

Um den Wärmebedarf für ein Jahr zu decken benötigt der Wärmeverbund Holzschnitzel (W40) in der Menge von 1'534mt. Es müssen hierzu 4'408m<sup>3</sup> Holzschnitzel über das Jahr, strassenseitig über 20km an die Feuerung befördert werden. Im Vergleich werden 934mt Palmkernschalen (ISO 17225-6) für die gleiche Leistung benötigt. 1'529m<sup>3</sup> Palmkernschalen werden bis zur Feuerung in der Schweiz über Hochsee- und Binnenschiffe und über die Strasse befördert.

Transportmittel	CO2 Ausstoss in Gramm pro Kilogramm Material auf 1'000km
LKW	178g
Bahn	80g
Hochsee- und Binnenschiffe	18g

Quelle ist der DB Schenker Bericht CO<sub>2</sub> - Footprint, erhoben nach dem Greenhouse Gas Protokoll (GHG) und ISO 14064-1

Mit dem Rhein verfügt die Schweiz über eine direkte Verbindung zu den Weltmeeren. Eine Hochseeverschiffung kann bis zu 9'500m<sup>3</sup> PKS von Calabar in Nigeria bis nach ARA<sup>21</sup> mit einer Distanz von 8'333km befördern. In ARA erfolgt die Umschiffung auf ein Rheinschiff mit bis zu 4'000m<sup>3</sup> Laderaum und erreicht den Hafen Birsfelden nach 840km. Die Anlieferung der PKS in die Schweiz erfolgt über den

<sup>21</sup> ARA ist ein Akronym für die Hochseehäfen Antwerpen, Rotterdam und Amsterdam.



Hafen Birsfelden. Der entsprechende Lagerplatz ist ideal für regelmässige, tägliche strassenseitige Auslieferungen per Kipp-LKW (40m<sup>3</sup> Laderaum) in einem Radius von 20km.

Dank der höheren Dichte und dem grösseren Energiewert der PKS gegenüber Holzsnitzel, werden Laderäume besser genutzt.

	Holzsnitzel (W40)	PKS (ISO 17225-6)
Dichte in kg/m <sup>3</sup>	350	611
Heizwert in kWh/m <sup>3</sup>	998	2'878
Heizwert in kWh/kg	2.852	4.711

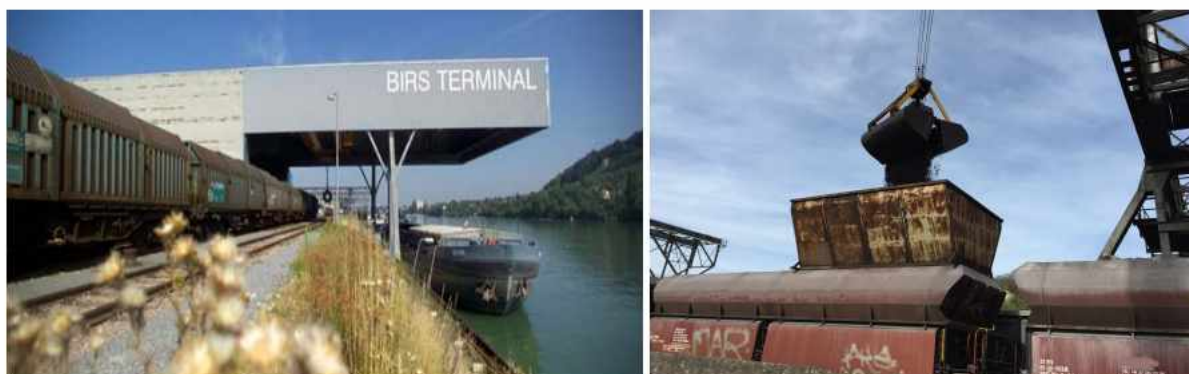
Tabelle: Vergleich der Dichte und Energie (Heizwert) von Holzsnitzel und PKS. Die Dichte der Holzsnitzel. Diese sind gemäss Angaben des Holzlieferanten.

Die Brennstoffbesorgung für 4'400'000kWh/a Wärmebedarf des Wärmeverbunds, wirkt sich je nach Brennstoff und deren Herkunft, wie folgt auf die CO<sub>2</sub> Bilanz aus:

	Holzsnitzel (W40)	PKS (ISO 17225-6)
Bedingungen bis zur Feuerung	20km Radius	9'173km von Calabar bis Birs Terminal plus 20km Radius
Transport	110x LKW Auslieferungen	je 1x Hochsee- & Binnenschiffe 38x LKW Auslieferungen
Bedarf an Brennstoff in m <sup>3</sup>	4'408	1'529
Bedarf an Brennmaterial in mt	1'543	934
CO <sub>2</sub> in g/kg Brennmaterial auf 1'000km	<b>392</b>	<b>301</b>

Tabelle: Gegenüberstellung Holzsnitzel und PKS bezüglich CO<sub>2</sub>-Ausstoss in Gramm pro Kilogramm Material auf 1'000km

Es kann davon ausgegangen werden, dass die CO<sub>2</sub> Belastung durch die Nutzung von Palmkernschalen nicht erhöht wird. Der Transport bis in die Schweiz via Schiff und die weitere Auslieferung via LKW in einem Radius von 20km, wird weniger CO<sub>2</sub> produzieren als eine Auslieferung der gleichen Menge Energieholz per LKW im gleichen Radius.



Darstellung: Eine gute Logistik-Infrastruktur und -Lösung ist fraglos ein wichtiger Faktor für eine zuverlässige Liefersicherheit und die Basis für eine erfolgreiche Partnerschaft.

## 6. Schlussfolgerung

### Bezüglich Umfeld

- Die Schweizer Holzressourcen können aufgrund ihres begrenzten Aufkommens den Energiebedarf der Schweiz bei Weitem nicht decken. Gemäss Bundesamt für Umwelt kann mit einer Steigerung um 50% des gesamten heutigen Bedarfs bis 2020 gerechnet werden.
- Bis 2020 werden weitere Holzfeuerungen in der Schweiz installiert.
- Das Bundesamt für Energie fördert vermehrt Grosskraftwerke namentlich Holzheizkraftwerke.
- Durch die ständige Erweiterung der Lufthygiene Verordnungen werden die Entwicklungen in der Holzschnitzelfeuerungen ständig verbessert.

### Bezüglich Energie und Erfahrungen

- Ein m<sup>3</sup> PKS liefert 2'878.49kWh und ein m<sup>3</sup> Holzschnitzel liefert 998.47kWh Energie.
- Gemäss Laboranalyse hat die Beimischung von PKS zu Holzschnitzeln einen positiven Effekt auf den Brennwert und senkt den durchschnittlichen Wassergehalt des Gesamtbrennstoffs.
- Der Rohstoff PKS wurde in anderen Ländern wie z.B. Dänemark, Polen, Italien, Irland, usw. erkannt und nimmt eine bedeutende Rolle als CO<sub>2</sub> neutrale und energetische Ressource ein.

### Bezüglich Lufthygiene

- Alle Grenzwerte für eine Nutzung von PKS in der Schweiz werden eingehalten.
- Auch in Sonderzonen nach VVESA kann PKS in Feuerungen mit Emissionsreduktions-Massnahmen (z.B. De-NO<sub>x</sub> Techniken) und in Abstimmung mit dem LHA eingesetzt werden.
- Palmkernschalen von amtradeco erreichen dauerhaft die Spezifikation EN ISO 17225-6.

### Bezüglich Innovation

- amtradeco stellt für die Schweiz einen innovativen und erneuerbaren Rohstoff zur Verfügung, der in Kombination mit Holzschnitzel die Energiestrategie 2050 vom Bund unterstützt.
- Durch den Einsatz von PKS wird die Holzenergie massgeblich zur Energiewende beitragen.

### Bezüglich Energiesicherung

- amtradeco kann im Jahr 2016 Palmkernschalen für 235'550MWh Energie bereitstellen.
- amtradeco hat den Rohstoff mittels Lizenzen des Nigerian Export Promotion Council und der Calabar Free Trade Zone gesichert.
- Durch die optimierte Logistik (von Calabar bis Birs Terminal in Birsfelden) ist amtradeco in der Lage im Inland eine ständige Lieferbereitschaft zu sichern.

### Bezüglich Wirtschaftlichkeit, CO<sub>2</sub> Bilanz und Ethik

- Die anfallenden Kosten pro m<sup>3</sup> oder kWh für das PKS bis zum Verbrennungsort bewegen sich im Rahmen des einheimischen Energieholzes.
- Die Bereitstellung von PKS im Raum Baselland führt zu einer CO<sub>2</sub> Minderung. Im Falle von Auslieferungen in weitere Kantone der Schweiz wird der Kombiverkehr gemäss "Green Logistics" bevorzugt (falls wirtschaftlich möglich).
- Die Palmkernschalen von amtradeco sind aus "Wilde Groves" (natürlich wachsende Bestände), welche ausschliesslich durch Kleinbauern und Gemeinden im Cross River State bewirtschaftet werden. Die Zusammenarbeit mit The Forest Trust sichert eine 100% Non-De-Forestation<sup>22</sup> Politik und unser Engagement auf lokaler und sozialer Ebene.

---

<sup>22</sup> Damit wird die Entwaldung und grossflächige Abholzungen unterbunden.



## 7. Empfehlungen

### Synergie

Eine Zusammenarbeit mit der Holzenergie in der Schweiz ist eine wichtige Synergie um einen grösseren Beitrag zum Energiebedarf der Schweiz zu leisten. Dabei ist zu betonen, dass die Sicherung von erneuerbaren Rohstoffen wie Palmkernschalen für die inländische Energiegewinnung zielführend ist.

### Auftrag

Die amtradeco soll mit der Sicherung und Bereitstellung der nachhaltigen Ressource Palmkernschalen für die Feuerungen in der Schweiz beauftragt werden. Dies beinhaltet beispielsweise die Einrichtung eines Zentrallagers in der Schweiz und Sammlager in Nigeria, um eine hohe Liefersicherheit zu erreichen.

### Mischungen

Die Information über die Mischverhältnisse und den Nutzen von PKS soll allen relevanten Interessensgruppen der Holzenergie zur Verfügung gestellt werden.

Um Energieholz effizienter nutzen zu können, ist eine mindestens 20%ige Beimischung von Wild Groves, Cross River State Palmkernschalen zu Holzschnitzel zu empfehlen.

### Kommunikation

Beim Einsatz von Palmkernschalen im Raum beider Basel ist die Reduktion in der CO<sub>2</sub> Bilanz zu erwähnen.

In der Kommunikation gegenüber Dritten sollte stets erwähnt werden, dass amtradeco und ihre Lieferanten, wie Kleinbauern und Gemeinden im Raum Cross River State in Nigeria immer zur Sicherstellung der 100% Non-De-Forestation Politik arbeiten und amtradeco dieses durch Ausbildungen und Anleitungen sicherstellt.

### Nachhaltigkeit

Ziel ist die Einrichtung einer Ressourcenpolitik-Gruppe

- zur Strukturierung und Evaluation von weiteren biogenen Abfällen und Erzeugnissen der Landwirtschaft, welche Eigenschaften der Palmkernschalen haben.
- die sich mit der Thematik der Revision der LRV befasst (z.B. eine Aufnahme oder Umtaxierung idealer Brennstoffe in die LRV)
- die, die maximale Substitution von fossilen Brennstoffen weiter gefördert
- die einen gesellschaftlichen Dialog anregt und in diesen intensiviert.

Die amtradeco stellt sich hierbei gerne als Teilnehmer oder Initiator zur Verfügung.



## Annex

### Ethik zu Palmkernschalen als Zusatzbrennstoff zum Energieholz

Von der Geschäftsleitung der EBL Herrn Beat Andrist wurde das Thema Ethik zur Erarbeitung vorgegeben. Er begründet dies damit: "dass eine Machbarkeit (technisch und wirtschaftlich) nicht ausreichend ist, sondern am Ende eine gesellschaftlich-politische Wertung erfolgen muss". Mit diesem Teil können wir nur ansatzweise auf die Thematik Ethik eingehen. Denn keiner der Rohstoffe ist ohne Risiken und Chancen. Ethische Überlegungen helfen dabei eine möglichst rationale und faire Abschätzung zu treffen.

Die amtradeco ist der festen Überzeugung, dass der Einsatz von Palmkernschalen mit Energieholz für die Energiegewinnung eingesetzt werden sollte und einen messbaren Beitrag zur Energiewende beitragen wird. Dieses Ziel und die notwendigen Massnahmen sollten sich die Verwaltung und Gesellschaft verbindlich vornehmen. Nur auf der Basis einer eindeutigen zeitlichen Zielsetzung können die notwendigen Planungs- und Investitionsentscheidungen getroffen werden. Dieses Ziel setzt ein konsequentes, zielorientiertes und kommunikativ wirksames Monitoring (Analyse, Bewertung, Handlungsempfehlung) voraus. Hier muss der Weg mit Mut zum Neuen und der Zuversicht in die eigenen Stärken gegangen werden.

Mit dem Blick auf die lokalen Ebenen, in die vielen Gemeinden, die Initiativen und die zivilgesellschaftlichen Einrichtungen, ist man in der ganzen Breite der Gesellschaft längst auf dem Weg in eine grüne Energiezukunft. Denn sie nutzen und sichern Energieholz, biogene Abfälle und Erzeugnisse der Landwirtschaft immer mehr zur Energiegewinnung. Dieses Verhalten gilt es zu nutzen und zu unterstützen. Die Schweizer Wirtschaft erzielt ihre Stärken aus ihrer Kreativität und Fähigkeit, Produkte auf höchstem Qualitätsniveau herzustellen und zu besorgen. Ein zunehmend grosser Teil der Unternehmen, wie zum Beispiel die Firma amtradeco, richtet ihre Geschäftsfelder auf das nachhaltige Wirtschaften aus. Aus dieser Richtung kann weiterhin mit wesentlichen Innovativen und leistungsstarken Lösungen für die Energiewende gerechnet werden.

Jegliche Entscheidung über die Nutzung der Palmkernschalen mit oder ohne Energieholz gründet auf Wertentscheidungen der Gesellschaft, die den technischen und ökonomischen Aspekten vorangehen.

#### Risiko und Risikowarnehmung

Wie viel Energieholz ist nötig um Planungssicherheit für zielführende Investitionen in die Energiewende zu geben? Wie viel Holz kann der Schweizer Wald jährlich nachhaltig zur Verfügung stellen? Nachhaltig wird dabei so verstanden, dass die Bereitstellung wirtschaftlich und umweltverträglich erfolgt, die Produktivität des Standortes erhalten bleibt und alle Waldfunktionen erfüllt werden können. Gesamtschweizerisch betrachtet wird das Holznutzungspotenzial des Schweizer Waldes nicht ausgeschöpft. Gründe hierfür sind beispielsweise kleinstrukturierte Waldeigentumsverhältnisse, das Angebotsverhalten der Waldbesitzer, geländebedingt hohe Holzerntekosten in verschiedenen Regionen wie in höheren Lagen und auch die schwache Nachfrage nach bestimmten Sortimenten, insbesondere beim Laubstammholz.

Für die Wahrnehmung und Kommunikation ist zu betonen, dass die von amtradeco gewonnenen und gelieferten PKS aus natürlich wachsenden Ölbaumbeständen mit transparenter und nachhaltiger Bewirtschaftung stammen und durch die Zusammenarbeit mit The Forest Trust eine 100% Non-De-Forestation Politik garantiert wird. Die amtradeco erbringt in ihrem Wirkungsraum einen grossen Beitrag zur Erhaltung der Natur indem Normen gesetzt werden und in Aufklärung, Ausbildung und Begleitung der Lieferanten investiert wird.



### Risiken zusammenfassend beurteilen

Überlegungen zu einer sicheren Energieversorgung sind verbunden mit Grundfragen der gesellschaftlichen Entwicklung. Der Grundsatz, dass der Mensch nicht alles tun darf, was er technisch kann, muss auch bei der Bewertung der Holzfeuerung und Ernte berücksichtigt werden. Vor allem, wenn die Folgen den Charakter von "anhaltenden Lasten" annehmen, ist eine kritische Bewertung besonders wichtig. Der Verantwortung, Entscheidungen zugunsten eines kurzfristigen Nutzen zu treffen, denen Lasten für Generationen gegenüberstehen, muss sich die Gesellschaft stellen, um zu entscheiden, was als akzeptabel und was als inakzeptabel beurteilt werden soll. Ehrfurcht vor der Aufgabe und Mut im eigenen Denken und Handeln sind essenziell. Nicht das Vorstellbare ist das zentrale Problem, sondern vor allem das Unvorstellbare.

Die Diskussion der ethischen Positionen setzt voraus, dass es Alternativen gibt, zwischen denen man wählen kann. Die Aussage, etwas sei „alternativlos“, wird inzwischen von der Öffentlichkeit nicht mehr akzeptiert. Das gilt auch für die Nutzung des Energieholzes. Auch werden Alternativen in umso größerer Anzahl zur Verfügung stehen, je dezentraler und differenzierter die Energieversorgung angelegt wird.

### Der Grundkonflikt: Kategorische Ablehnung vs relativierende Abwägung vs Chancen

Der Kern des Einsatzes von Palmkernschalen als Zusatzbrennstoff steht unvereinbaren Auffassungen darüber gegenüber, wie mit der grundsätzlichen Möglichkeit eines weiteren Energie Rohstoffimports umzugehen ist und welche Auswirkungen dies für das Herkunftsland oder die Beziehungen zwischen dem Herkunftsland und dem Nutzerland hat.



Bei dieser Position ist die Abschätzung des Risikos nicht alleine auf die Herkunft des Rohstoffs zu beschränken, sondern viel mehr auf die weiten Bereiche der kulturellen, sozialen, wirtschaftlichen und gesundheitlichen Auswirkungen dieser Initiative.

Letztlich kommt es aber auf den politischen Willensbildungsprozess an, der festlegt, welche Abwägungskriterien höher oder niedriger gewichtet werden.

## Zusammenhänge im Bezug auf NO<sub>x</sub>

Gemäss dem Jahresbericht 2000 vom BFE (Verfügung 77463) mit dem Projekttitel "Praxiserhebung über Partikel- und Stickoxidemissionen automatischer Holzfeuerungen" wurde folgendes festgestellt:

Bei der Verbrennung von naturbelassenen Holz- und Restholzschnitzeln liegen die mittleren NO<sub>x</sub> Emissionen bei rund 220mg/m<sup>3</sup> (bei 11 Vol % O<sub>2</sub>). Höhere Werte werden Altholz und die höchsten Emissionen werden beim Restholz beobachtet. Einige Feuerungen zeigen eine klare Abhängigkeit der NO<sub>x</sub> Emissionen von der Kessellast und der Luftüberschusszahl.

Brennstoff	Emissionsfaktor für Stickoxide (mg NO <sub>x</sub> /MJ)
Stückholz (LRV Kat. a)	102
Naturbelassene Holzschnitzel (LRV Kat. b)	163
Altholz (gemäss LRV)	211
Palmkernschalen (ISO 17225-6) mit naturbelassenen Holzschnitzel (LRV Kat. b)	228
Restholz (LRV Kat. c)	298

Tabelle zeigt die jährlichen mittleren Emissionsfaktoren für Stickoxide mit Bezug auf die abgegebenen Nutzwärme (Feldmessungen) für verschiedene Holzbrennstoffe und für Altholz zusammengestellt.

Die NO<sub>x</sub>-Minderung kann auch durch eine bessere Feuerung (De-NO<sub>x</sub>-Systeme) erreicht werden. Gemäss VDI und ETH Bericht von Dr. Ing Thomas Nussbaumer (CH) mit dem Titel "Primär- und Sekundär - massnahmen zur NO<sub>x</sub> Minderung bei Biomassefeuerungen" wurden folgende Ergebnisse erreicht:

Verbrennungstechnik von Holz	Primärluftzahl	NO <sub>x</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> ) NO <sub>x</sub> 13 O <sub>2</sub>	Umwaldungsrate - N zu NO <sub>x</sub> (%)	NO <sub>x</sub> Reduktion (%)
2-stufige Verbrennung ohne Reduktionskammer (Ref.)	1-1.3	200	39.8	0
2-stufige Verbrennung mit unterstöchiometrischer Primärluft	0.6 - 0.8	140	28.0	30
2-stufige Verbrennung mit Reduktionskammer	0.7	76	15.1	62
3-stufige Verbrennung mit Reduktionskammer	0.8	60	12.0	70

Die NO<sub>x</sub> Emissionen sind daher stark abhängig vom Brennstoff sowie vom Anlagentyp und deren Betriebsweise. In den Sonderzonen müssen die Feuerungen mehr Auflagen zur Emissionsreduktion einhalten, daher haben diese auch mehr De-NO<sub>x</sub> Technik installiert.



## Wirtschaftlichkeit

Durch die direkte Zusammenarbeit mit den nigerianischen Bauern / Gemeinden, die direkte Belieferung, die eigene Infrastruktur, die erfahrenen Mitarbeiter, einer transparenten Spedition und ohne einen Zwischenhandel können die Preise im Vergleich zu dem einheimischen Energieholz, gehalten werden.

**Original Messresultate und die amtliche Messungen sind auf Anfrage erhältlich.**

