

G U T A C H T E N

über

TESTREIHEN VON ELEKTROANTRIEBEN AN SPREEWALDKÄHNEN UNTER PRAXISBEDINGUNGEN

erstellt im Auftrag

des Landesumweltamtes Brandenburg

Seeburger Chaussee 2

14476 Potsdam

von

Dipl. Wirtsch.-Ing. (FH)

Patrick Vetter

Lübbenau, November 2010

INHALT

1. Management-Summary.....	4
2. Auftrag und Zweck des Gutachtens	6
3. Ausgangssituation	7
3.1 Geltendes Recht.....	7
3.2 Strukturell und Nutzungsbedingt	8
3.3 Quantifizierung	9
4. Methodik.....	10
4.1 Geplanter Testzeitraum.....	10
4.2 Auswahl geeigneter Orte	10
4.3 Auswahl geeigneter Kähne	11
4.4 Auswahl geeigneter Personen	12
4.5 Auswahl geeigneter Motoren und Batterien.....	13
4.6 Sonstige Technik.....	17
4.7 Dokumentation der Tests	18
5. Testdurchführung und Ergebnisse	20
5.1 Verlängerung des Testzeitraums	20
5.2 Akkumulatoren	22
5.3 Motoren	23
5.4 Hochwassersituation	28
5.5 Tester-Feedback	29
5.6 Fahrtdauer	35
5.7 Veranstaltungsfeedback Leistungsklasse	37
5.8 Wirtschaftlichkeit.....	38
6. Schlussfolgerungen	43
7. Alternative Ansätze	44

7.1 „Bodenseenorm“	44
7.2 Verwendung von Zweitaktmotoren	46
7.3 Leistungsbegrenzung	46
8. Motivationsstrategie	48
8.1 Modellregion Allgäu	48
8.2 Anreiz- und Motivationssysteme	50
9. Handlungsempfehlungen.....	52
Abbildungsverzeichnis	53
Anhang.....	54

1. Management-Summary

Das vorliegende Gutachten gibt eine Handlungsempfehlung für die Umsetzung des vom Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz vom 23. April 2007 veröffentlichten Erlasses, in welchem ein generelles Verbot von Verbrennungsmotoren ab dem Jahr 2012 vorgesehen ist, sofern zu diesem Zeitpunkt Elektromotoren der erforderlichen Leistungsklassen marktüblich sind.

Um eine Aussage über die Praxistauglichkeit treffen zu können, wurden Testreihen von Elektroantrieben an Spreewaldkähnen durchgeführt.

Diese Testreihen wurden für das Jahr 2009 geplant, konnten jedoch aufgrund der Verfügbarkeit der Akkumulatoren erst im Jahr 2010, mit weiteren Verzögerungen, durchgeführt werden.

Bei ersten internen Funktionstests des Wasser- und Bodenverbandes Oberland Calau traten Probleme mit der verwendeten Technik auf. Die Batterien mussten seitens des Herstellers überarbeitet werden. Weiterhin erlitten drei der vier für die Tests zur Verfügung stehenden Motoren materielle Schäden und / oder elektronische Defekte, weshalb für die eigentlichen Untersuchungen lediglich ein Motor zur Verfügung stand. Ab August kam die Hochwassersituation im Spreewald erschwerend hinzu.

Es wurden zwei Testreihen von betroffenen Nutzern durchgeführt. Diese Tests, in Verbindung mit den technischen Problemen der internen Funktionstests, ergaben, dass nicht von einer generellen Eignung des Elektroantriebes für Spreewaldkähne ausgegangen werden kann.

Eine allgemeingültige Aussage über die zu erzielenden Reichweiten und die Wirtschaftlichkeit konnte aufgrund der zu geringen Anzahl von Daten über unterschiedliche Nutzungsprofile nicht getroffen werden.

Da die Praxistauglichkeit von Elektromotoren in den erforderlichen Leistungsklassen nicht nachgewiesen werden konnte, wird empfohlen,

künftig auf einen festen Termin für die Einführung von Elektromotoren zu verzichten, solange ihre Praxistauglichkeit nicht nachgewiesen wurde. Die Praxistauglichkeit ist in regelmäßigen Abständen – empfohlen werden fünf Jahre – zu prüfen. Nach Feststellung der Praxistauglichkeit sind Elektromotoren sofort verbindlich einzuführen, wobei für vorhandene Verbrennungsmotoren eine Übergangsfrist – empfohlen werden 10 Jahre – vorzusehen ist.

2. Auftrag und Zweck des Gutachtens

Mit Datum vom 17. März 2009 erteilte das Landesumweltamt Brandenburg den Auftrag, das vorliegende Gutachten über eine Testreihe von Elektroantrieben an Spreewaldkähnen unter Praxisbedingungen unter den betroffenen Nutzern anzufertigen.

Anlass zur Erarbeitung des Gutachtens war ein Erlass vom Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Raumordnung von 1997, nach welchem ab dem Jahr 2012 ausschließlich Elektromotoren zu verwenden sind, sofern diese in den erforderlichen Leistungsklassen marktüblich sind.

Zweck der Testreihe war es die Praxistauglichkeit von marktüblichen Elektroantrieben an Spreewaldkähnen zu untersuchen und daraus resultierend entsprechende Handlungsempfehlungen für das weitere Vorgehen zur Umsetzung des Erlasses zu erarbeiten.

Unter „Praxistauglichkeit“ von Elektroantrieben versteht der Gutachter dabei:

- die technische Eignung der Motoren, Batterien und des notwendigen Zubehörs für den jeweiligen Nutzungszweck im Alltag (Alltagstauglichkeit)
- die Verfügbarkeit der benötigten Technik am Markt (Marktüblichkeit)
- die finanzielle Konkurrenzfähigkeit im Vergleich zu Antrieben mit Verbrennungsmotor (Wirtschaftlichkeit)

Diese Faktoren bilden die Voraussetzung für die Akzeptanz elektrischer Antriebe unter den Nutzern und für die Umsetzbarkeit des Erlasses.

Dieses Gutachten dient weiterhin zur Klärung ob der Erlass bis 2012 in der bestehenden Form umgesetzt werden sollte. Ergänzend wurden Vorschläge zum weiteren Vorgehen erarbeitet.

3. Ausgangssituation

3.1 Geltendes Recht

Der Einsatz von Motoren im Biosphärenreservat Spreewald ist grundsätzlich nur mit Freistellungen, Ausnahmegenehmigungen, sowie Befreiungen möglich. Dabei kommen vorwiegend Benzinmotoren, vereinzelt auch Elektromotoren, zum Einsatz.

Durch einen Erlass des Ministeriums für Umwelt, Naturschutz und Raumordnung vom 16. April 1997 wurde entschieden, dass ab ursprünglich 2007 zukünftig nur Elektromotoren zugelassen werden sollten. Dies ist angeführt unter Punkt 1.1.4:

„Ab dem 1. Januar 2007 sind als Antriebsmaschinen für Wasserfahrzeuge nur Elektromotoren zu verwenden (sofern zu diesem Zeitpunkt Elektromotoren der erforderlichen Leistungsklassen marktüblich sind).“¹

Mit einer Bekanntgabe des Ministeriums für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz vom 23. April 2007 wurde die Frist zur Umsetzung des Erlasses auf das Jahr 2012 verlängert. Es heißt:

„1. Nummer 1 wird wie folgt geändert: In Nummer 1.4 Satz 1 wird die Angabe "2007" durch die Angabe "2012" ersetzt.“²

Bisher wurde von den Landkreisen auf Antrag i.d.R. anerkannt, dass der Elektromotor für den beabsichtigten Zweck nicht ausreicht. Dies betrifft sowohl den Einsatz von Antriebsmaschinen im Tourismusgewerbe, wie auch in der Landwirtschaft, Fischerei und Jagd.

¹ Erlass des Ministeriums für Umwelt, Naturschutz und Raumordnung vom 16. April 1997; Punkt 1.1.4; Online im Internet unter:

www.brandenburg.de/cms/media.php/2318/br_spre.pdf

² Bekanntmachung des Ministeriums für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz vom 23. April 2007; Online im Internet unter:

http://www.bravors.brandenburg.de/sixcms/detail.php?gsid=land_bb_bravors_01.c.43754.de

3.2 Strukturell und Nutzungsbedingt

Die Anforderungen an die eingesetzte Technik variieren je nach den Bedingungen der zu befahrenen Strecke vor Ort. So kann beispielsweise der Bremsweg, vorwiegend bedingt durch ungleiche Strömungsverhältnisse, unterschiedlich ausfallen. Weiterhin ist mit ungleichen Wassertiefen, verschiedenen Untergründen und Verkrautungsgraden zu rechnen.

Die tatsächliche Reichweite der Elektroantriebe ist dabei stark von der aufzuwendenden Energie für den Vortrieb abhängig, welche ebenfalls von den jeweiligen Strömungsverhältnissen abhängt.

Die touristische Nutzung von motorbetriebenen Kähnen konzentriert sich vorwiegend im Landkreis Dahme-Spreewald (LDS). Die vorherrschenden Bedingungen machen in diesem Bereich eine Nutzung des Motors überwiegend erforderlich.

Der Gebrauch eines Motors im Landkreis Spree-Neiße (SPN), insbesondere von Kahnfährbetrieben in Burg, ist schwächer ausgeprägt als im Bereich LDS.

Im Landkreis Oberspreewald-Lausitz (OSL), insbesondere in und um Lübbenau / Lehde, werden Kähne für den Tourismusverkehr nicht motorbetrieben.

Wirtschaftlich werden motorbetriebene Kähne von Jägern, Fischern, Bauern u.a. nahezu gleichermaßen in allen drei Landkreisen genutzt. Die Kähne weisen meist eine geringere Größe auf und transportieren im Regelfall weniger Masse. Die Anforderungen an die einzusetzende Technik, insbesondere hinsichtlich Motorleistung, sollten im Vergleich zu Personenkähnen geringer ausfallen.

3.3 Quantifizierung

Die Anzahl der im Spreewald eingesetzten motorbetriebenen Kähne, bzw. die Anzahl der betroffenen Nutzer, ist nicht exakt bestimmbar. Ursache hierfür ist die dezentrale Erfassung der zugelassenen Kähne sowie die dezentrale Erfassung der erteilten Sonder- / Ausnahmegenehmigungen in den einzelnen Landkreisen. Einerseits kann es bei der Erfassung zu Doppelzählungen kommen, da eine Person in mehreren Landkreisen registriert wird, andererseits gibt es keine Angaben über die „Dunkelziffer“ nicht erfasster motorbetriebener Kähne (Kleinfahrzeuge).

Richtwerte bieten die Daten der Straßenverkehrsämter, sowie die erteilten Sonder- / Ausnahmegenehmigungen der zuständigen unteren Naturschutzbehörden der Landkreise LDS, OSL und SPN.

Folgende Werte konnten im Jahr 2008 ermittelt werden:

		Personenkähne	Wirtschaftskähne	Summe
LDS	Insgesamt zugelassen	226	462	688
	davon mit Motor	k.A.	k.A.	
	Genehmigt durch UNB	85	19	104
OSL	Insgesamt zugelassen	506	189	695
	davon mit Motor	31	83	114
	Genehmigt durch UNB	13	122	135
SPN	Insgesamt zugelassen	k.A.	k.A.	
	davon mit Motor	89	11	100
	Genehmigt durch UNB	16	4	20

Abbildung 1: Quantifizierung Kähne³⁴

Bei Betrachtung der verfügbaren, teils widersprüchlichen, Zahlen kann von insgesamt ca. 120 motorbetriebenen Personen- und 150 motorbetriebenen Wirtschaftskähnen ausgegangen werden.

³ Daten „Insgesamt zugelassen“ / „davon mit Motor“: Zulassungsstellen LDS, OSL, SPN; 2008

⁴ Daten „Genehmigt durch UNB“: Untere Naturschutzbehörden LDS, OSL, SPN; 2008

4. Methodik

Es wurden zwei Sets für die Testreihe von Elektroantrieben an Spreewaldkähnen vom Wasser- und Bodenverband Oberland Calau (im folgenden WBV) zur Verfügung gestellt. Ein Set war zur Vergabe an Testpartner bestimmt, das zweite Set diente ursprünglich zum Verbleib beim WBV für die Verwendung im täglichen Arbeitseinsatz.

4.1 Geplanter Testzeitraum

Es war geplant mit der Testreihe im Jahr 2009 zu beginnen, sobald die komplette technische Ausrüstung (Akkumulatoren, Motoren, Ladegeräte, Kabel) vor Ort verfügbar war.

Vor Freigabe der Technik an die Testpartner fand ein zweiwöchiger interner Funktions- und Sicherheitstest des WBV statt. Anschließend sollte die Ausrüstung in Absprache mit den jeweiligen Testpartnern für jeweils ca. zwei Wochen bis zum 05.10.2009 zur Verfügung gestellt werden.

Insgesamt war für die Durchführung der Testreihen ein Testzeitraum von Mai 2009 bis Oktober 2009 vorgesehen.

Unabhängig von den Testpartnern im touristischen / wirtschaftlichen Bereich sollte zusätzlich ein Arbeitskahn des Wasser- und Bodenverbandes Oberland Calau ganzjährig im Alltagseinsatz mit Elektroantrieb ausgestattet und eingesetzt werden. Dadurch sollten ergänzend Erfahrungen über die Eignung elektrischer Antriebe über sämtliche Jahreszeiten gesammelt werden.

4.2 Auswahl geeigneter Orte

Vorwiegend wurde geplant in und um Lübben, Schlepzig, Leipsch, Burg und Lübbenau zu testen, da sich in diesen Bereichen die für die motorbetriebene touristische Nutzung relevanten Häfen und

Nutzergruppen befinden. Weiterhin sollte durch diese Streuung gewährleistet werden, dass verschiedene örtliche Gegebenheiten - hinsichtlich Strömungen, Wassertiefen etc. - berücksichtigt werden.

Bei Interesse und terminlicher Machbarkeit konnten jedoch auch Personen anderer Ortschaften im Spreewald in die Tests einbezogen werden.

4.3 Auswahl geeigneter Kähne

Es eignen sich grundsätzlich alle motorbetriebene Kähne im Spreewald, so dass sowohl Personenkähne für die touristische Nutzung als auch Spreewaldkähne für die wirtschaftliche Nutzung (Bauern, Fischer, Angler etc.) getestet wurden.

Der Fokus wurde jedoch auf Personenkähne gerichtet, da diese Nutzergruppe die höchsten Ansprüche an die Technik stellt (Bewegung der größten Lasten, größte Verdrängung). Sollte die Technik die Anforderungen an die Alltagstauglichkeit erfüllen, so kann davon ausgegangen werden, dass sich die Technik für kleinere Wirtschaftskähne ebenfalls eignet. Weiterhin kann bei der touristischen Nutzung von einer stärkeren Öffentlichkeitswirksamkeit hinsichtlich Wahrnehmung des Umweltschutzes ausgegangen werden.

Es sollten typische Personenkähne allgemein gängiger Dimensionen getestet werden, welche sich in den Abmaßen relativ gering voneinander unterscheiden. Die maximal zu befördernde Anzahl Personen, und damit die zu bewegend Masse des Kahnes, ist allerdings stark vom Aufbau des Kahnes abhängig. Ein Kahn mit Tischen bewegt im Vergleich zu einem Kahn auf welchem lediglich Sitzbänke installiert sind ca. 675kg weniger Masse (ein Tisch entspricht drei Sitzplätzen mit je ca. 75kg/Person; bei drei Tischen entspricht dies o.g. 675kg).

Während der Testreihen sollten daher, je nach Verfügbarkeit, sowohl Kähne mit als auch Kähne ohne Tische in den gängigen Größen aber auch

maximaler Größen einbezogen werden. Die maximal zulässigen Maße für einen Kahn betragen 9,50m x 1,90m (Länge x Breite).

Bei der Auswahl wirtschaftlich genutzter Kähne wurde aufgrund nahezu identischer Anforderungs- und Transportprofile, sowie geringerer Unterschiede hinsichtlich der Kahngrößen, weniger differenziert.

4.4 Auswahl geeigneter Personen

Es sollten hauptsächlich Personen als Testpartner erreicht werden, welche den Motor intensiv nutzen, d.h. überdurchschnittlich oft und über längere Zeiträume hinweg.

Die Einführung von elektrischen Antrieben im Spreewald wurde kontrovers, teilweise aber auch skeptisch bis hin zu einer voreingenommenen-ablehnenden Haltung diskutiert.

Es war daher nicht auszuschließen, dass Einzelpersonen im Rahmen dieser Tests manipulativ tätig werden könnten, um das Ergebnis negativ zu beeinflussen. Mit Hilfe dieser Testreihe sollte jedoch eine unabhängige und objektive Untersuchung gewährleistet werden.

Um andererseits eventuelle Vorwürfe der Bevorzugung von dem Elektroantrieb gegenüber positiv eingestellten Personen präventiv zu vermeiden, wurde keine selektive Auswahl der Testpersonen seitens des Gutachters vorgenommen.

Im Rahmen der Informationsveranstaltungen über diese Testreihe wurden alle Beteiligten zur Teilnahme an einem Losverfahren aufgefordert. Anschließend fand zur Wahrung der Gerechtigkeit und Chancengleichheit eine öffentliche Auslosung statt. Dabei wurden fünf Los-Töpfe, jeweils einer für die vier regionalen Bereiche (Burg, Lübben, Lübbenau, restlicher Unterspreewald), sowie eine Trennung im Bereich Lübben nach Personenkähne und Wirtschaftskähne, gebildet.

Die Anzahl der Tester sollte proportional zur Anzahl der Anmeldungen nach Region und Art (Personen- / Wirtschaftskahn) sein. Gleichzeitig sollte jede Region repräsentiert werden.

Es haben sich insgesamt 67 Personen angemeldet, was folgender Verteilung der Testpartner je Region entsprach:

	Anmeldungen	Tester
Topf 1 (Burg):	04	2
Topf 2 (Lübben und Umgebung, Pers.):	18	5
Topf 3 (Lübben und Umgebung, Wirt.):	35	8
Topf 4 (Lübbenau und Umgebung):	04	2
Topf 5 (restl. Unterspreewald):	06	3

Weiterhin wurden je 2 Nachrücker ausgelost, für den Fall, dass ein ausgeloster Tester ausfällt.

Aufgrund des starken Interesses und daraus resultierenden Anmeldungen wurde der Testzeitraum pro Person auf ca. eine Woche verkürzt (anstatt wie ursprünglich geplant zwei Wochen). Weiterhin wurden 20 anstatt den anfänglich geplanten 8-10 Personen in die Tests einbezogen.

4.5 Auswahl geeigneter Motoren und Batterien

Elektromotoren

Für den Einsatz von Elektromotoren im Spreewald sind gesetzliche Vorgaben einzuhalten. So ist für die Nutzung von Antriebsmaschinen mit einer Leistung von über 0,55kW die Benutzung eines direkt gesteuerten Heckmotors vorgeschrieben⁵.

⁵ Verordnung für die Schifffahrt auf den schiffbaren Gewässern des Landes Brandenburg (Landesschifffahrtsverordnung- LSchiffV) von 2005 - § 82 (1); Online im Internet unter: http://www.bravors.brandenburg.de/sixcms/detail.php?gsid=land_bb_bravors_01.c.47258.de#25

Nach Sichtung von über 100 Motoren verschiedener Hersteller, wurden Antriebsmaschinen für diese Testreihen betrachtet, welche die folgenden Merkmale aufweisen:

- Außenborder mit Pinne
- Stufenlose Fahrt (kein manuelles Schalten in verschiedene Gänge notwendig)
- Arbeitsbereich 24V Spannung
- 800-2000 Watt Leistung
- >25kp Standschub
- Preis < 2500€

Begründung:

Auf 12V-Basis arbeitende Elektroantriebe stellen kein ausreichendes Drehmoment für die Bewegung großer Lasten (Personenkähne) zur Verfügung. Motoren mit einer höheren Spannung (36V, 48V und mehr) liegen preislich teilweise weit über 3000 € und erfordern Batterietechnik mit einer entsprechend höheren Nominalspannung, was weitere Mehrkosten zur Folge hat.

Um jedoch auch ökonomischen Aspekten gerecht zu werden, sind von den leistungsstärksten Vertretern im Bereich 24 Volt die zwei am geeignetsten erscheinenden Motoren für diese Tests ausgesucht worden.

Es handelte sich bei den hier zu verwendenden Elektroantrieben um den CombiNautic E-Thruster 1500 (1500 Watt) sowie den Torqeedo Cruise 2.0 (2000 Watt).

Die Leistungen dieser Motoren wurden bereits im Rahmen einer Diplomarbeit im Jahr 2008 für die zu der Zeit gültigen Testbedingungen für ausreichend befunden. Als Referenzmotor zum direkten Vergleich diente bei diesen ersten Tests ein 6PS Viertaktmotor der Firma Yamaha.

Die folgenden Abbildungen zeigen die in diesen Testreihen verwendeten Motoren:



Abbildung 2: CombiNautic E-Thruster und Torqeedo Cruise 2.0⁶

Batterien

Im Bereich der Sekundärbatterien (Akkumulatoren) sind vorwiegend drei Technologien verfügbar: Blei-Basierende, alkalische sowie Lithium-Basierende.

Alkalische Batterien (NiCd, NiMH) weisen den Nachteil des Memory- / Lazy-Effektes auf. Die Batterie nimmt bei nicht optimaler Ladeweise stark

⁶ Quelle: <http://www.torqeedo.com/de/hn/produkte/cruise.html>

an Kapazität innerhalb relativ kurzer Zeit ab. Weiterhin ist der Einsatz von NiCd Akkumulatoren mittlerweile bis auf Ausnahmen, z.B. in der Medizintechnik, aufgrund des hohen Cadmium Anteils untersagt. Diese Technologien bieten keine wesentlichen Vorteile gegenüber den verbleibenden und stellen lediglich eine "Zwischenstufe" dar.

Blei-Basierende Systeme (Säure, Vlies, Gel) bieten den Vorteil der hohen Verfügbarkeit bei relativ geringen Kosten. Allerdings sind diese Systeme sehr großvolumig, schwer und weisen eine lange Ladedauer auf.

Bleibatterien sind nicht tiefentladefähig, d.h. die Lebensdauer ist stark von der Entladetiefe abhängig. Empfohlen wird eine Entladetiefe von max. ca. 50% - dies bedeutet, dass von einer 100Ah Batterie lediglich 50Ah entnommen werden sollten.

Lithium-Basierende Akkumulatoren (Mn, FePo₄, Titanat, NMC u.a.) können die meiste Energie pro kg speichern und weisen dadurch das beste Volumen-Gewichts-Verhältnis auf. Sie lassen sich tiefentladen und die Wiederaufladezeit ist relativ kurz. Die Herstellung von Lithium Akkumulatoren wird in jüngster Zeit gerade von der Elektromobilitäts-Branche, vorwiegend im automobilen Bereich, stark vorangetrieben. Es ist zu erwarten, dass die Verfügbarkeit, vor allem im Endkundenbereich, in den nächsten Jahren stark ansteigt. Von einer Senkung der bisher hohen Anschaffungskosten kann ausgegangen werden.

Aufgrund eines hohen Gesamtgewichtes von ca. 280kg bei einer benötigten Kapazität von 200Ah, sowie schlechter Ladeigenschaften und sub-optimaler Handhabbarkeit (in- und aus dem Kahn tragen) eignen sich Bleibatterien nur bedingt.

Es wurden daher Lithium-Batterien für die Testreihe verwendet. Sie stellen, abgesehen von den derzeit noch relativ hohen

Anschaffungskosten, die bislang optimale Lösung für einen elektrischen Antrieb von Spreewald- und Personenkähnen dar.

Da auf dem freien Markt kein Akkupack erhältlich war, welches die Anforderungen genau erfüllte (vorläufiges Ergebnis der Diplomarbeit: 24V, 100Ah) wurde für die Testreihe ein solcher entwickelt und als Prototyp hergestellt. Diese Vorgehensweise erschien auch unter ökonomischen Aspekten sinnvoll, da bereits verfügbare Akkumulatoren mit ähnlichen Spezifikationen preisintensiver waren (ca. 3.300€ für 77 Ah).⁷ Die Zielkosten für die Fertigung eines Prototypen sollten geringer als 2.800€ ausfallen.

Die folgende Abbildung zeigt beispielhaft einen der in den Tests eingesetzten Akkumulatoren:



Abbildung 3: Verwendeter Akkumulator

4.6 Sonstige Technik

Weiterhin wurde den Testteilnehmern ein transportables, auf die Batterien abgestimmtes, Ladegerät zur Verfügung gestellt. Dieses konnte auf dem Kahn, zum Zwischenladen in Pausen, verbleiben. Eine Ladung der

⁷ Torqeedo Power26-77, 77Ah, 24V, 3.300€; siehe Preisliste im Internet unter: <http://www.torqeedo.com/de/hn/shop.html>

Akkumulatoren über Nacht war durch eine integrierte Schutzschaltung ebenfalls möglich.

Die folgende Abbildung zeigt ein Ladegerät mit 60A Ladestrom wie es in den Tests verwendet wurde:



Abbildung 4: Ladegerät, Ladestrom 60A

4.7 Dokumentation der Tests

Die Dokumentation der Tests erfolgte auf objektiven Datenerhebungen und subjektiven Eindrücken.

Den Testern wurde ein Feedbackbogen zum Ausfüllen zur Verfügung gestellt (siehe Anhang). Dieser war in einen allgemeinen Teil (Erfassung von Kenndaten), einen Motorenvergleich zwischen Benzin- und Elektromotor, eine Bewertung des Elektromotors unabhängig des Benzinmotors, Fragen zum Akkumulator und ein Gesamtfazit mit Raum für eigene Anmerkungen unterteilt.

Weiterhin sollten Bewegungsprofilen mittels eines GPS-Loggers erstellt werden, welche Auskunft über die befahrenen Strecken, die Nutzungsdauer des Motors pro Tag, sowie die gefahrenen Geschwindigkeiten geben sollten. Diese Daten sollten in Verbindung mit einem weiteren Datenerfassungsblatt Auskunft über die Ladezustände der Batterien zu verschiedenen Zeitpunkten, sowie über die Anforderungen an die Akkumulatoren geben und als Basis für eine darauffolgende Wirtschaftlichkeitsbetrachtung dienen.

5. Testdurchführung und Ergebnisse

Bei der Durchführung der Tests traten unerwartete Abweichungen von der geplanten Vorgehensweise auf, welche im Folgenden beschrieben werden.

5.1 Verlängerung des Testzeitraums

Ursprünglich wurde die Durchführung der Testreihe im Jahr 2009 angestrebt. Der geplante Testzeitraum konnte aufgrund verschiedener Faktoren nicht eingehalten werden, welche im Folgenden erläutert werden.

2009:

Wie unter Punkt 4.1 beschrieben, war geplant die Testreihe von Mai bis Oktober 2009 durchzuführen, siehe folgende Abbildung:

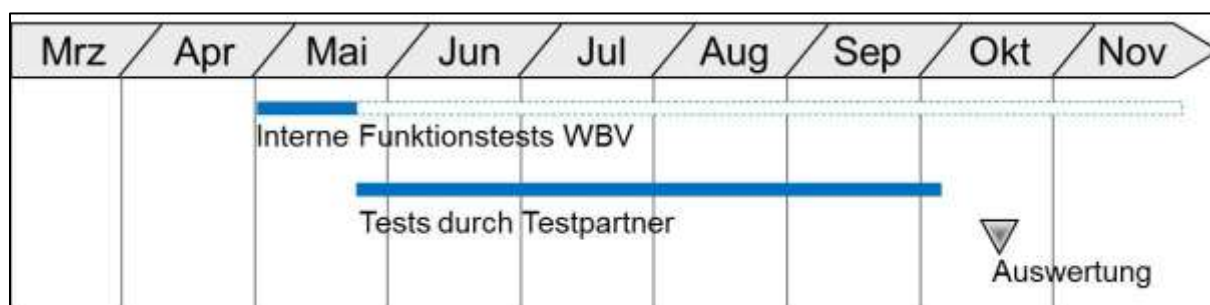


Abbildung 5: Geplanter Testablauf 2009

Die für die Tests benötigten Akkumulatoren standen jedoch 2009 nicht zur Verfügung.

Die Entwicklung der Prototypen begann Anfang 2009, das erste Angebot seitens der Firma, welche die Softpacks konfektionierte, lag am 6.2.2009 vor. Aufgrund des Aufbaus des Akkumulators, zeitintensiver Rücksprachen mit dem Batteriezellenlieferanten und geringem Interesse an kleinen Stückzahlen (Prototypen) anderer Unternehmen, lag das finale Angebot

erst am 23.6.2009 mit einer voraussichtlichen Lieferzeit von sechs bis sieben Wochen vor.

Bedingt durch hohe Kapazitätsauslastungen seitens der Batteriezellenhersteller konnten die Akkumulatoren im Jahr 2009 nicht ausgeliefert werden. Der reale Verlauf der geplanten Testreihe ist in der folgenden Abbildung skizziert:



Abbildung 6: Realer Verlauf 2009

Da die Batterien Anfang 2010 zur Verfügung stehen sollten, ergab sich unter Berücksichtigung weiterer eventueller Verzögerungen folgender geplanter Testablauf:

2010:

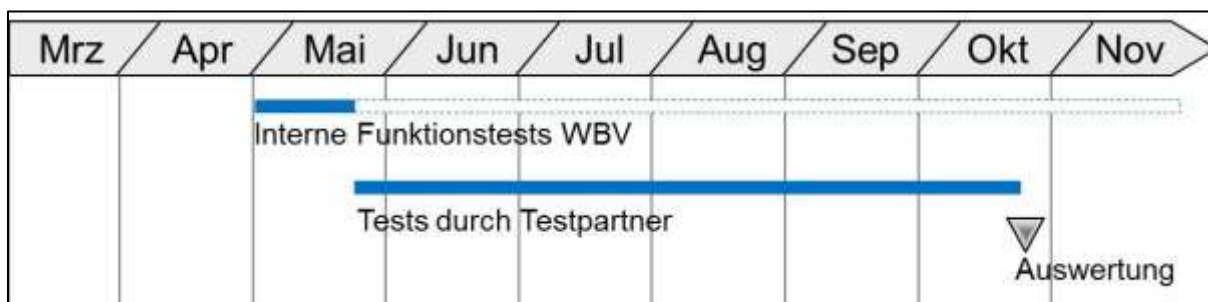


Abbildung 7: Geplanter Testablauf 2010

Die Auslieferung der Batterien an den WBV erfolgte in der 12. Kalenderwoche des Jahres 2010.

Nach ersten internen Tests seitens des WBV traten Probleme mit der verwendeten Technik auf, so dass nicht wie geplant getestet werden konnte.

Die folgende Abbildung stellt den realen Verlauf der Testreihe im Jahr 2010 dar.

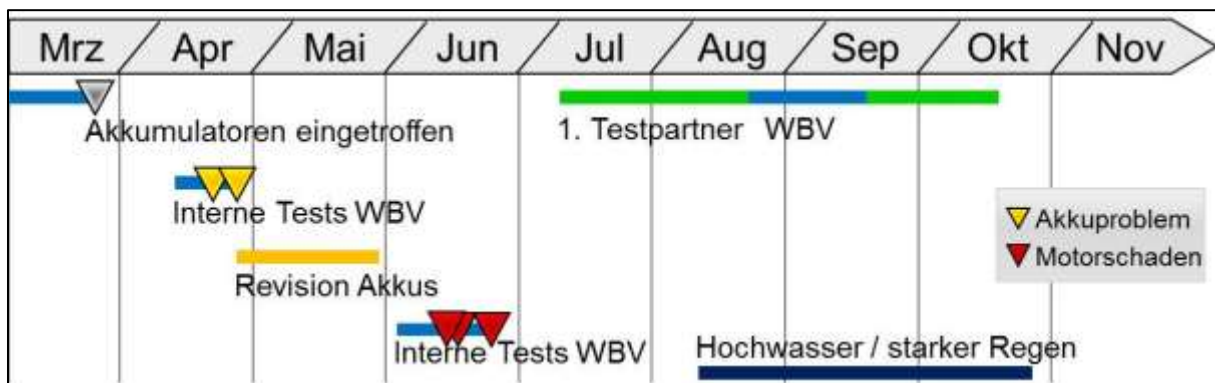


Abbildung 8: Realer Verlauf 2010

Nachfolgend werden die Gründe für den oben dargestellten Verlauf näher erläutert.

5.2 Akkumulatoren

Nach kurzer Einsatzdauer fielen zwei der Akkumulatoren im April aus. Es lag keine Spannung an den Batteriepolen an. Die Batterien wurden daraufhin an den Hersteller zur technischen Überprüfung und Revision gesandt.

Diese Revision nahm mehr Zeit in Anspruch als angenommen und dauerte ca. einen Monat an.

Laut Aussagen des Herstellers lag der Grund für die Ausfälle in der falschen Auslegung der Absicherung der Batterien gegen zu hohe Lade- und Entladeströme.

Als doppelten Schutz wurden dem Batteriemangement zusätzlich Sicherungen vorgeschaltet, welche im Falle zu hoher Ströme aktiv werden sollten. Diese Sicherungen wurden jedoch bereits bei Entladeströmen, welche unterhalb der zugelassenen und geforderten Werte lagen, aktiviert.

Die Sicherungen wurden entsprechend neu angepasst, so dass die Akkumulatoren dem WBV ab KW 21 wieder zur Verfügung standen.

5.3 Motoren

Zu Beginn verliefen die internen Tests durch den WBV problemfrei. Nach kurzer Zeit traten allerdings Schäden an drei der vier zu testenden Motoren auf, welche die Funktionsfähigkeit derart einschränkten, dass diese nicht weiter verwendet werden konnten.

Aufgrund dessen verblieb nach kurzer Zeit lediglich ein Motor, der den Testpartnern überhaupt zur Verfügung gestellt werden konnte.

Bedingt durch die Ausfälle der Motoren wurde davon abgesehen, den verbleibenden Motor für Testzwecke unter „Extrembedingungen“ (Personenkahn maximaler Größe, volle Besetzung, hohe Fließgeschwindigkeiten) bereit zu stellen, da die Sicherheit der sich auf dem Kahn befindenden Personen in Notsituationen nicht gewährleistet werden konnte.

Die Schäden bzw. Defekte der einzelnen Motoren sind im Folgenden dargestellt. Redundanzen an Motoren bestanden nicht, ein Austausch der defekten Motoren gegen neue wurde seitens der Hersteller trotz sofortiger Bekanntmachung der Ausfälle nicht durchgeführt.

Motor 1, Torqeedo

Ein Motor wies nach vermutlicher Grund- oder Uferberührung, eventuell mit Steinen, Beschädigungen an der Schraube auf. Abbildung 10 zeigt die entstandenen Schäden:

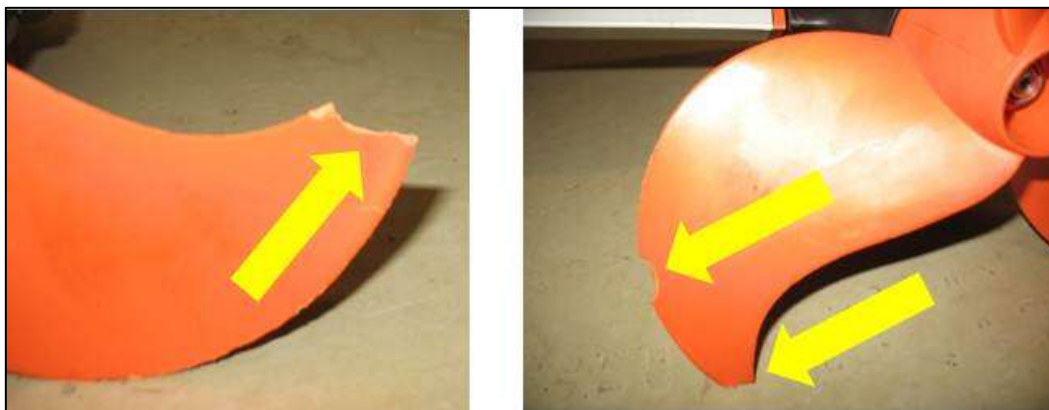


Abbildung 9: Schadbild Motor 1

Des Weiteren trat vermutlich gleichzeitig ein elektronischer Defekt auf. Die Schraube drehte anschließend nur noch sehr langsam. Eine Weiternutzung war nicht möglich.

Motor 2, Torqeedo

Während des Einsatzes des zweiten Torqeedo-Motors traten ebenfalls Beschädigungen der Schraube auf, welche sich in Abplatzungen / Herausbrechen der Plastik darstellten. Diese waren stärker ausgeprägt als bei o.g. Motor und werden in der folgenden Abbildung dargestellt:



Abbildung 10: Schadbild Motor 2, Schraube

Weiterhin war die Finne unterhalb des Pylons komplett abgebrochen oder abgerissen. Abbildung 12 zeigt diese Beschädigung.



Abbildung 11: Schadbild Motor 2, Finne

Bei diesem Motor lag ebenfalls ein Elektronikdefekt vor, so dass auch er nicht weiter verwendet werden konnte.

Vermutlich waren auch hier die Schäden durch eventuell Steine, bedingt durch eine Grund- oder Uferberührung entstanden.

Motor 3, CombiNautic

Beim Einsatz des ersten Testmotors der Firma CombiNautic trat ein Elektronikschaden auf. Weiterhin war aufgefallen, dass die Rutschkupplung, ein Bauteil aus Gummi, welches sich zwischen der Welle und der Schraube befindet um bei Grundberührungen Schäden an der Schraube zu verhindern, sehr schnell verschlissen war. Die folgende Abbildung zeigt die Lage dieses Bauteils.



Abbildung 12: Motor 4, Rutschkupplung

Dieser Motor konnte aufgrund des Elektronikproblems (Schraube dreht nur noch sehr langsam, fiel teilweise aus) nicht weiter verwendet werden.

Motor 4, CombiNautic

Bei diesem Motor traten keine Defekte oder Beschädigungen auf, welche eine weitere Verwendung ausgeschlossen hätten.

Dennoch fiel auf, dass sich ein Gummiring unter einer Hülse am Schaft löste, siehe folgende Abbildung.



Abbildung 13: Motor 4, Gummiring

Die oben abgebildete Hülse wird beim Umschalten in den Rückwärtsgang elektronisch bewegt, so dass eine Verriegelungsvorrichtung in eine bestimmte Position bewegt wird und dadurch der Motor arretiert werden kann. Dadurch soll gewährleistet werden, dass der ansonsten nach hinten frei ausschwingbare Motor (Schutz vor Beschädigungen bei Grundberührungen) beim Rückwärtsfahren nicht, aufgrund der entgegengesetzt der Fahrtrichtung wirkenden Kraft, nach hinten wegklappt.

Im Rahmen der Praxistests stellte sich heraus, dass ein vollständiges „Verriegeln“ nicht immer gewährleistet werden konnte, so dass die Sicherheit beim Bremsen nicht immer gegeben war.

Weiterhin fiel auf, dass die Schraube beim „Anfahren“ zuerst teilweise leicht in beide Richtungen dreht. Dies ist eventuell begründbar mit einer nicht optimalen Erzeugung des elektrischen Feldes.

5.4 Hochwassersituation

Ab Anfang / Mitte August beginnend war der Spreewald mit einer Hochwassersituation konfrontiert. Dadurch erhöhte sich die Fließgeschwindigkeit der Gewässer bedeutend. Diese hohe Fließgeschwindigkeit war vorherrschend bis Ende Oktober. Zusätzlich erschwerten starke und anhaltende Regenfälle ein Absinken des Wasserstandes auf Normalniveau.

Das sichere Befahren der Fließe konnte nicht garantiert werden und lag im Ermessen des jeweiligen Kahnführmannes. Unter diesen Umständen konnten die Testfahrten, zusätzlich unter Berücksichtigung der technischen Probleme, nicht wie geplant durchgeführt werden. Die Verwendung von Prototypen und neuer Technik unter o.g. Bedingungen erschien als lediglich bedingt empfehlenswert. Da die Sicherheit der beteiligten Personen und eventueller Gäste auf dem Kahn gewährleistet werden musste, wurde die weitere Vorgehensweise entsprechend angepasst.

Die Technik wurde lediglich zwei Testern zur Verfügung gestellt, welche vorwiegend im Bereich um Lübbenau / Lehde / Wotschofska / Raddusch unterwegs sind.

Da bedingt durch starke Regenfälle nicht jeden Tag getestet werden konnte, wurde der jeweilige Testzeitraum auf drei bis fünf Wochen erweitert.

5.5 Tester-Feedback

Es haben zwei Testpartner, sowie Mitarbeiter des WBV Testreihen durchgeführt. Eingesetzt wurden hierbei für den Fahrbetrieb ein Motor der Firma CombiNautic, sowie zwei Akkumulatoren. Da der GPS-Logger eine Leihgabe des WBV war und während der Hochwassersituation im Betrieb benötigt wurde, stand er nur kurzzeitig zur Verfügung.

Die Ergebnisse werden im Folgenden, nach den jeweiligen Testern gegliedert, aufgeführt.

Tester 1

Der erste Testpartner gehört zur Jagd- und Fischerei ausübenden Gruppe. Er benutzt einen dafür typischen Kahn mit den Abmaßen 7,00m Länge und 1,25m Breite aus Holz für ca. fünf bis sieben Personen.

Durchschnittlich beträgt seine Fahrdauer vier bis fünf Stunden pro Tag, von denen er drei Stunden seinen Motor nutzt, an ca. 30 Tagen im Jahr.

Der Tester benutzt seit 1985 Jahren selbst Elektroantriebe.

Die von ihm befahrenen Fließe sind unterschiedlich stark verkrautet.

Er empfand den getesteten Elektromotor besser geeignet als einen Benzinmotor in folgenden Punkten: Geräuschentwicklung und Befahren von Fließen mit starker Strömung.

Gleichwertig sah er den Elektromotor in den Punkten Leistung (Schubkraft), Lenkverhalten, Durchfahren verkrauteter Abschnitte sowie im Gesamteindruck an.

Schlechter wurde der Elektromotor eingestuft in der Handhabung sowie in der Alltagstauglichkeit.

Im Vergleich zum Benzinmotor schnitt der Elektromotor viel schlechter ab in den Punkten Bremsverhalten (Bremskraft) und Bedienung (Gas geben, Bremsen, Schalten).

Wird der Elektromotor unabhängig vom Benzinmotor bewertet, so war der Tester in den Punkten Leistung, Lenkverhalten, Bedienung, Geräuschentwicklung und dem Befahren von Fließten mit starker Strömung zufrieden.

Als neutral stufte er das Durchfahren verkrauteter Abschnitte, sowie den Gesamteindruck ein.

Weniger zufrieden war der Tester mit der Handhabung (An- / Abbau, Transport) und der qualitativen Verarbeitung.

Das Bremsverhalten wurde als unbefriedigend eingestuft.

Mit dem Gewicht / Volumen der Akkumulatoren war der Tester sehr zufrieden.

Zufrieden war er mit der leichten Verschaltung der Akkumulatoren, der benötigten Ladezeit, der Sicherheit (Wandstärken Gehäuse, Materialien), sowie der Abschätzbarkeit der Restfahrzeit.

Als neutral stufte er die Batterien in den Bereichen Handhabung (Transport in und aus dem Kahn), Unterbringungsmöglichkeiten auf dem Kahn und Gesamteindruck ein.

Weniger zufrieden war der Tester mit der Tauglichkeit im Alltag.

Der getestete Elektroantrieb eigne sich für ihn allgemein nicht im Vergleich zum herkömmlichen Verbrennungsmotor. Verglichen mit seinem bisherigen Elektromotor schnitt der zu Testzwecken verwendete jedoch besser ab.

Zusätzlich bemerkte der Testpartner, dass der Motor zu schwer sei und die Motorsteuerung verändert werden müsste, da er sich nicht langsam Anfahren lässt und der Strombedarf zu hoch sei.

Bei ihm kippte der Motor beim Rückwärtsfahren bzw. Bremsen aus (siehe Punkt 5.4).

Der Testpartner wies darauf hin, dass es bei den derzeitigen Kosten und verfügbarer Technik keine bessere Möglichkeit gäbe einen Kahn anzutreiben als mit einem Benzinmotor.

Tester 2

Der zweite Testpartner verwendet seinen Kahn im Tourismusbereich als Personenkahn. Er benutzt einen Kahn mit einer Gesamtlänge von 8,50m aus Holz für durchschnittlich ca. 16 beförderte Personen. Maximal können 23 Personen (ohne Tische) befördert werden.

Durchschnittlich beträgt seine Fahrtdauer acht Stunden pro Tag, von denen er zwei Stunden den Motor nutzt, an ca. 30 Tagen im Jahr.

Die Leistung seines acht Jahre alten Verbrennungsmotors beträgt sechs PS.

Auf den von ihm befahrenen Strecken sind die Fließe stark verkrautet.

Der Tester empfand den getesteten Elektromotor besser geeignet als seinen Benzinmotor hinsichtlich des Lenkverhaltens.

Gleichwertig sah er den Elektromotor in den Punkten Durchfahren verkrauteter Abschnitte und im Gesamteindruck an.

Schlechter wurde der Elektromotor eingestuft in der Leistung, der Handhabung, der Geräuschentwicklung, dem Befahren von Fließen mit starker Strömung, sowie der Tauglichkeit im Alltag.

Im Vergleich zum Benzinmotor schnitt der Elektromotor viel schlechter ab in den Punkten Bremsverhalten und Bedienung.

Wird der Elektromotor unabhängig vom Benzinmotor bewertet, so war der Tester in den Punkten Leistung Bremsverhalten und Lenkverhalten zufrieden.

Als neutral stuft er die Handhabung, das Durchfahren verkrauteter Abschnitte, sowie die Tauglichkeit im Alltag ein.

Weniger zufrieden war der Tester mit der Bedienung, dem Befahren von Fliesen mit starker Strömung und dem Gesamteindruck.

Die Geräuschentwicklung und die qualitative Verarbeitung wurden als unbefriedigend eingestuft.

Der Tester war zufrieden mit dem Gewicht / Volumen, der Einfachheit der Verschaltung und der benötigten Ladezeit der Akkumulatoren.

Als neutral stuft er die Batterien in den Bereichen Handhabung, Möglichkeit zur Unterbringung auf dem Kahn, Sicherheit, sowie Gesamteindruck ein.

Weniger zufrieden war der Tester mit der Tauglichkeit im Alltag und unzufrieden mit der Abschätzbarkeit der Restfahrdauer.

Der getestete Elektroantrieb eignet sich allgemein im Vergleich zum herkömmlichen Verbrennungsmotor weniger für ihn, verglichen mit seinem bisherigen Verbrennungsmotor schneidet der vorgestellte schlechter ab.

Zusätzlich bemerkte der Testpartner, dass der Rückwärtsgang des Motors defekt sei, es zu Verzögerungen beim Gas geben komme und sich Kraut an der Schraube ansammle.

Eine Zukunft für Elektroantriebe sieht er nur, wenn die Batterien kostengünstiger werden, sowie die Motoren ausgereifter sind. Diese Voraussetzungen müssten erfüllt werden um die geplante Verordnung durchsetzen zu können.

WBV

Die Auswertung des für die Testreihen seitens des WBV zuständigen Mitarbeiters ergibt folgendes:

Es wurde mit einem 8,50m langen Kahn aus Aluminium getestet, welcher von durchschnittlich zwei Personen zum Transport verschiedener Lasten und für regelmäßige Kontrollfahrten verwendet wird.

Die Leistung des regulär verwendeten, zwei Jahre alten, Benzinmotors beträgt sechs PS.

Durchschnittlich beträgt die Fahrtdauer acht Stunden, von denen vier Stunden der Motor genutzt wird. Pro Jahr werden an ca. 100 Tagen Fahrten vorgenommen.

Auf den befahrenen Strecken sind die Fließe kaum oder gar nicht verkrautet.

Der Tester empfand den getesteten Elektromotor besser geeignet als den Benzinmotor hinsichtlich der Geräusentwicklung.

Gleichwertig sah er den Elektromotor in den Punkten Leistung, sowie Bedienung des Motors.

Schlechter wurde der Elektromotor eingestuft in der Handhabung, dem Brems- und Lenkverhalten, dem befahren von Fließten mit starker Strömung, der Tauglichkeit im Alltag und im Gesamteindruck.

Im Vergleich zum Benzinmotor schnitt der Elektromotor viel schlechter beim Durchfahren verkrauteter Abschnitte ab.

Wird der Elektromotor unabhängig vom Benzinmotor bewertet, so war der Tester in den Punkten Leistung, Bedienung des Motors und der Geräusentwicklung zufrieden.

Als neutral stufte er die Handhabung, das Lenkverhalten, sowie die qualitative Verarbeitung ein.

Weniger zufrieden war der Tester mit dem Bremsverhalten, dem Befahren von Fließen mit starker Strömung, der Tauglichkeit im Alltag und dem Gesamteindruck.

Die Fähigkeit verkrautete Abschnitte zu durchfahren wurde als unbefriedigend eingestuft.

Der Tester war zufrieden mit dem Gewicht / Volumen, der Einfachheit der Verschaltung und der benötigten Ladezeit der Akkumulatoren.

Mit den Batterien war er zufrieden in den Punkten Möglichkeit zur Unterbringung auf dem Kahn, dem Gewicht / Volumen, der leichten Verschaltung untereinander, der benötigten Ladezeit und der Sicherheit.

Weniger zufrieden war der Tester mit der Handhabung, der Abschätzbarkeit der Restfahrtzeit, sowie dem Gesamteindruck.

Mit der Tauglichkeit im Alltag ist er unzufrieden.

Der getestete Elektroantrieb eignet sich, unabhängig von einem Benzinmotor und auch im Vergleich zum herkömmlichen Verbrennungsmotor, nicht für die Verwendungszwecke des WBV. Einen Elektromotor im Alltag zu benutzen, kann sich der Tester nicht vorstellen.

Während den Testfahrten fielen drei der vier Motoren aus. Die Kapazität der Akkumulatoren reichte im Allgemeinen nicht für Fahrzeiten über drei bis vier Stunden bei stärkerer Strömung und Verkrautung aus. Dagegen wurde jedoch auch eine Fahrtzeit von über vier Stunden mit 15 Personen an Bord ermittelt. Der Akku wies danach noch eine zur weiteren Nutzung verfügbare Restkapazität auf.

Der Tester hält den Elektroantrieb im Spreewald für nicht geeignet und sieht eine Zukunft für Elektromotoren nur, wenn die Antriebe leistungsfähiger sind als die getesteten, die verfügbare Kapazität erhöht wird und verkrautete Abschnitte besser durchfahren werden können.

Die Eignung der Motoren sieht der Tester als generelle Voraussetzung für die Umsetzung des Erlasses an.

Auf eine Zusammenführung der einzelnen Tester-Beurteilungen zu einer Tester-Gesamtbeurteilung und anschließende grafisch unterstützte Auswertung wurde an dieser Stelle verzichtet, da dies aufgrund der zu geringen Anzahl vorliegender Eindrücke als nicht zielführend und ausreichend aussagekräftig angesehen wird.

5.6 Fahrtdauer

Da keine auswertbaren Messergebnisse des GPS-Loggers zur Verfügung standen, wird die maximale theoretische Reichweite anhand angenommener Durchschnittsgeschwindigkeiten von fünf bzw. sechs km/h berechnet.

Als Grundlage für die Reichweite diene der Batteriezustand hinsichtlich der entnommenen Kapazität und noch nutzbaren Restkapazität. Da es hierfür keine geeichte Anzeige gab, wird diese anhand der Spannung rechnerisch ermittelt. Die Zellen haben laut Herstellerangaben eine Ladeschlussspannung von 29,4V und eine Entladeschlussspannung (automatische Abschaltung durch das Batteriemanagementsystem) von 19,25V. Gemessen wurde eine Ladeschlussspannung von 29,4V, jedoch eine Entladeschlussspannung von 17,8V. Daraus resultiert ein Spannungsbereich von 11,6V.

Wurde beispielsweise während einer zweistündigen Fahrt ein Spannungsbereich von 4V (z.B. Spannung bei Beginn der Fahrt 29V, bei Beendigung der Fahrt 25V) genutzt, so wären weitere 7,6V (11,6V-4V) verfügbar. Während diesen zwei Stunden wurden bei einer angenommenen Geschwindigkeit von 5km/h insgesamt 10km zurückgelegt. Es ergibt sich dadurch eine maximale Reichweite von 29km (Dreisatz: 4V entsprechen 10km, 11,6V entsprechen 29km).

Da eine Erfassung der gefahrenen Geschwindigkeiten nicht erfolgen konnte, wurden folgende Werte für konstante Geschwindigkeiten von 4km/h und 6km/h berechnet.

Beginn Motornutzung (h:min)	Ende Motornutzung (h:min)	Dauer Motornutzung (h:min)	Anfangsspannung (V)	Endspannung (V)	Spannungsdifferenz (V)	Restspannung (V)	Spannungsabfall (V/h)	Strecke bei v = 4km/h (km)	theor. Reichweite bei 4km/h (km)	Strecke bei v = 6km/h (km)	theor. Reichweite bei 6km/h (km)
Tester 1											
09:20	11:10	01:50	29	24	5	6,6	2,727	7,3	17,0	11,0	25,5
09:10	11:30	02:20	29,1	28	1,1	10,5	0,440	10,0	105,5	15,0	158,2
Tester 2											
13:45	15:30	01:45	28,5	24,8	3,7	7,9	2,114	7,0	21,9	10,5	32,9
16:00	20:00	04:00	27,8	24,3	3,5	8,1	0,875	16,0	53,0	24,0	79,5
17:00	18:11	01:11	29	24,9	4,1	7,5	3,195	5,1	14,5	7,7	21,8

Abbildung 14: Reichweiten der Testpartner

Tester 1 und 2 entsprechen den Personen gemäß Punkt 5.5.

Es wurden Strecken im Bereich OSL befahren, teilweise mit entsprechend starker Strömung während des Hochwassers.

Der Angler- / Fischerkahn wurde allein und mit maximal vier Personen genutzt, der Personenkahn mit maximal acht Personen.

Anhand der Werte ist zu erkennen, dass diese stark variieren. Maßgeblich ausschlaggebend für die zu erzielenden Reichweiten sind die Stromaufnahme des Motors – entsprechend des verwendeten Motors, der zu bewegenden Masse, Fließgeschwindigkeiten u.a. – sowie die verfügbare Kapazität der Batterien. Des Weiteren wird die Reichweite bei Verwendung von Batterien durch die Umgebungstemperatur beeinflusst, da die verfügbare Kapazität je nach Umgebungstemperatur unterschiedlich ausfällt. Es ist beispielsweise davon auszugehen, dass bei niedrigen

Temperaturen im Winter die Reichweite entsprechend verkürzt wird. Dieser Umstand konnte nicht untersucht werden.

Die vorliegenden Daten lassen daher keine allgemeingültige Aussage über die zu erreichenden Fahrdauern und Reichweiten anhand unterschiedlicher Nutzungsprofile zu und sind nicht repräsentativ. Zum einen wurden lediglich Werte von zwei Testpartnern im Oberspreewald erfasst, zum anderen wurden seitens der Testpartner nicht alle Fahrten dokumentiert.

5.7 Veranstaltungsfeedback Leistungsklasse

Im Rahmen der Informationsveranstaltungen wurde mehrfach die Thematik der erforderlichen Leistung angesprochen.

Die für den Antrieb eines Spreewaldkahnbes erforderliche Leistung ist bisher nicht eindeutig definiert. Dennoch wird laut Erlass gefordert, Elektroantriebe zu verwenden, „...sofern zu diesem Zeitpunkt Elektromotoren der erforderlichen Leistungsklassen marktüblich sind.“. Die erforderliche Leistungsklasse ist jedoch nicht näher definiert und kann daher nur auf Basis der bisher verwendeten Motoren abgeschätzt werden.

Da Kahnfährmänner im Unterspreewald vermutlich die größten Massen mit großen Kähnen bewegen, kann davon ausgegangen werden, dass die von ihnen bisher verwendeten Motoren die Leistungs-Obergrenze darstellen.

Die Gespräche während der Informationsveranstaltungen in Schlepzig und Lübben ergaben, dass mehrheitlich ca. 10-PS Motoren verwendet werden. Diese werden von den Kahnfährmännern größtenteils als ausreichend für Personenkähne bewertet. Vereinzelt gab es in Lübben Fährmänner, welche eine höhere Motorisierung als notwendig empfinden. Dies ist jedoch nicht die Regel.

Demnach kann zur Orientierungshilfe bezüglich der erforderlichen Leistungsklassen davon ausgegangen werden, dass es sich dabei um Motoren mit Leistungen bis ca. 10PS handelt.

Für eine genaue Definition der erforderlichen Leistungsklassen, müssten weitergehende Untersuchungen durchgeführt werden.

5.8 Wirtschaftlichkeit

Die Wirtschaftlichkeit von Elektroantrieben im Vergleich zu Antrieben mit Benzinmotor konnte im Rahmen dieser Testreihe nicht ausreichend beurteilt werden, da hierfür benötigte Daten nicht ausreichend erfasst werden konnten.

Die Anschaffungskosten für einen Elektroantrieb richten sich nach dem Nutzungsprofil sowie den zu erzielenden Reichweiten.

Personenkähne sind im Allgemeinen größer und bewegen mehr Masse als beispielsweise Fischerkähne. Demzufolge ist ein leistungsfähigerer Motor erforderlich, welcher in der Anschaffung erheblich kostenintensiver ist. So beträgt beispielsweise der Preis für einen Torqeedo Cruise Motor mit 24V / 2000 Watt ca. 2100€, ein Minn Kota Endura 55 Motor mit 12V / 600W ca. 330€. Die Anforderung an den Motor entscheidet gleichzeitig über die Art der zu verwendenden Batterien. Je höher die Nennspannung, bei gleicher Kapazität und gleicher Art, desto kostenintensiver ist die Batterie.

Weiterhin sind die Anschaffungskosten vom Nutzungsgrad des Motors abhängig. Wird dieser über mehrere Stunden am Tag genutzt, ist eine höhere Kapazität der Akkumulatoren notwendig. Bei einer Notwendigkeit von 200Ah-Batterien verdoppeln sich die Kosten im Vergleich zur Nutzung einer 100Ah-Batterie.

Die Möglichkeit des Zwischenladens an geeigneten Orten konnte nicht untersucht werden, da keine Daten über Nutzungsprofile erhoben werden konnten. Besteht beispielsweise die Möglichkeit zur Zwischenladung

während den Pausen (Personenkähne), so wäre es möglich eine Batterie mit geringerer Kapazität zu verwenden. Dies würde sich ebenfalls in den Anschaffungskosten widerspiegeln.

Über notwendige Reichweiten entsprechend der alltäglichen Nutzung der Motoren liegen ebenfalls keine aussagekräftigen Daten vor. Daher kann nicht berechnet werden welche Anforderungen an die Batterie hinsichtlich Ihrer Mindestkapazität gestellt werden müssen und welche Kosten aufgrund dieser Werte entstehen würden.

Die laufenden Kosten und Amortisationsdauern konnten auch aufgrund mangelnder Informationen nicht ausreichend abgeschätzt werden.

Die Amortisationsdauer eines Elektromotors verkürzt sich aufgrund niedrigerer Betriebskosten (im Vergleich zum Benzinmotor) bei häufigem Einsatz. Wird der Motor nur gelegentlich verwendet, verlängert sich die Amortisationsdauer. Eventuell kann der Kostenvorteil durch geringere Betriebskosten den finanziellen Mehraufwand für die Anschaffung der Technik nicht ausgleichen.

Im Folgenden werden beispielhaft Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen für einen angenommenen Zeitraum von acht Jahren durchgeführt.

Basis für die vorstellbaren Benzinpreise (Super-Benzin) bilden die vom ADAC⁸ erhobenen Daten von 1988-2008, sowie die weitere angenommene Preisentwicklung auf Grundlage dieser Daten.

Die vorstellbaren Stromkosten für die Jahre 2012-2020 werden auf Basis der bisherigen Strompreise von 1988-2007 der Energieagentur NRW⁹ für die zukünftige Entwicklung errechnet.

⁸ http://www.adac.de/Auto_Motorrad/Tanken/zahlen_fakten/Die_Entwicklun_g_der_jaehrlichen_Durchschnittspreise_fuer_Kraftstoffe/default.asp?Componen_tID=4252&SourcePageID=10100

⁹ <http://infografik.ea-nrw.de/showpv.aspx?id=88>

Der durchschnittliche Preis pro Liter Superbenzin beträgt demnach für den Zeitraum 2010 bis 2020 1,85€, für eine Kilowattstunde werden im gleichen Zeitraum durchschnittlich 23 Cent angenommen.

Die folgenden Abbildungen zeigen den möglichen Verlauf:

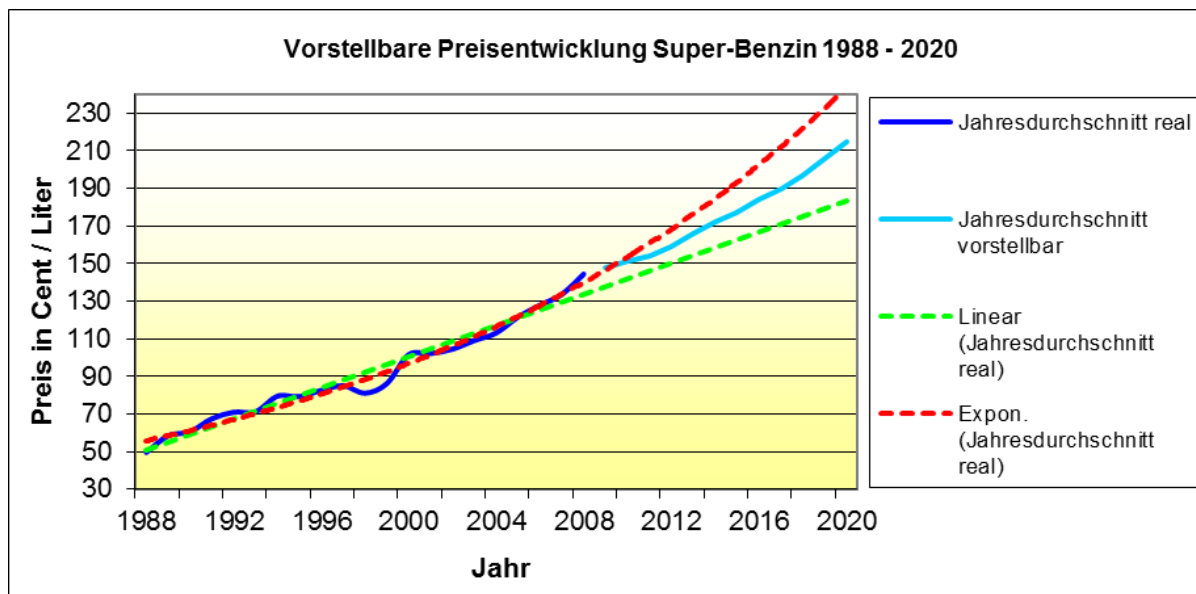


Abbildung 15: Vorstellbare Preisentwicklung Super-Benzin

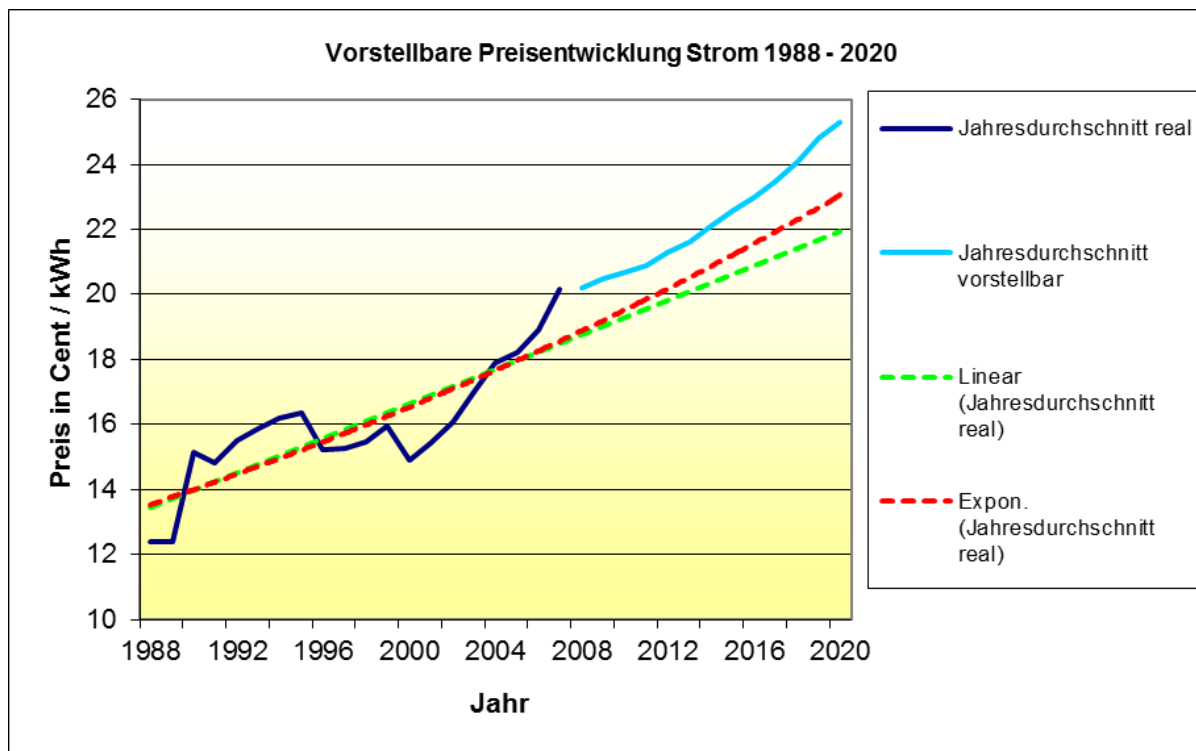


Abbildung 16: Vorstellbare Preisentwicklung Strom

Nachfolgende Berechnungen wurden entsprechend der jeweiligen jährlichen Nutzungsdauer unter folgenden vereinfachten Annahmen vorgenommen:

- Der Verbrauch des Benzinmotors beträgt einen Liter pro Stunde
- Der Elektromotor für benötigt 50Ampere pro Stunde
- Der Verbrauch des Elektromotors beträgt 1,2Kw pro Stunde (24V x 50A pro Std.) bzw. 0,6Kw (12V x 50A pro Std.)
- Der real benötigte Ladestrom und Ladeverluste bedingt durch die Wirkungsgrade des Ladegerätes / des Akkumulators werden dabei nicht extra berücksichtigt. Dafür wird eine 100 prozentige Entladung angenommen, welche in der Praxis extrem selten vorkommen dürfte.
- Die Blei-Gel Batterien werden zu 100% entladen (normal nur 50% um eine gewisse Haltbarkeit zu gewährleisten).
- Durch Tiefentladung beträgt die Lebensdauer der Blei-Gel-Akkumulatoren nur vier Jahre, es müssen zwei Sätze angeschafft werden.
- Die Lithium-Batterien können nach zwei Stunden in einer Pause komplett nachgeladen werden.
- Akkupreise: 100Ah Lithium: 3000€ (24V), 100Ah Blei-Gel: 300€ (12V).
- Die Wartungskosten bei beiden Motorenarten sind ähnlich und werden daher vernachlässigt.
- Die Haltbarkeit der Lithium-Akkumulatoren entspricht exakt der Nutzungsdauer (acht Jahre)

Für Personenkähne mit einer geringen Nutzungsdauer (vier Stunden pro Tag, 30 Tage im Jahr) ergeben sich folgende Werte:

	Elektro (2Kw, 24V)	Benzin (6PS)	Elektro (6Kw, 48V)	Benzin (10PS)
Anschaffung Motor	2.200	1.600	7.000	3.000
Tank inkl. Zubehör		40		40
Akkupack	3.000		6.000	
Ladegerät inkl. Zubehör	400		400	
Benzinkosten		1.776		1.776
Stromkosten	265		265	
Summe	5.865	3.416	13.665	4.816

Abbildung 17: Kostenvergleich Personenkähne, geringe Nutzung

Wird der Motor dagegen an 160 Tagen im Jahr genutzt, verändern sich die Werte wie folgt:

	Elektro (2Kw, 24V)	Benzin (6PS)	Elektro (6Kw, 48V)	Benzin (10PS)
Anschaffung Motor	2.200	1.600	7.000	3.000
Tank inkl. Zubehör		40		40
Akkupack	3.000		6.000	
Ladegerät inkl. Zubehör	400		400	
Benzinkosten		9.472		9.472
Stromkosten	1.413		1.413	
Summe	7.013	11.112	14.813	12.512

Abbildung 18: Kostenvergleich Personenkähne, starke Nutzung

Der Vergleich von unterschiedlichen Motoren und Batterien für kleinere Kähne ergibt folgende Werte für einen Nutzungszeitraum von zwei Stunden pro Tag an 40 Tagen im Jahr:

	Lithium 24V	Blei-Gel 24V	Lithium 12V	Blei-Gel 12V	Benzin (4PS)
Anschaffung Motor	2.200	2.200	500	500	1.200
Tank inkl. Zubehör					40
Akkupack	3.000	1.200	1.500	600	
Ladegerät inkl. Zubehör	400	80	250	80	
Benzinkosten					1.184
Stromkosten	177	177	88	88	
Summe	5.777	3.657	2.338	1.268	2.424

Abbildung 19: Kostenvergleich sonstige Kähne, geringe Nutzung

6. Schlussfolgerungen

Aufgrund der frühzeitigen und teilweise erheblichen Beschädigungen / Defekte bei drei der vier verwendeten Motoren kann nicht von einer generellen Eignung (Praxistauglichkeit) der getesteten Elektromotoren beim derzeitigen Produktstand ausgegangen werden.

Die Sicherheit bei Personen- und Lasttransporten konnte beim verbliebenen funktionsfähigen Motor nicht immer gewährleistet werden, da eine erforderliche Bremswirkung teilweise ausblieb.

Die Akkumulatoren wiesen nach der Revision keine weiteren Funktionsausfälle auf. Sie erschienen technisch grundsätzlich als geeignet, jedoch werden zusätzliche Erfahrungswerte benötigt, um eine Aussage über eine generelle Eignung treffen zu können.

Die Wirtschaftlichkeit von Elektroantrieben im Spreewald konnte aufgrund der geringen Stichproben nicht ausreichend beurteilt werden. Hierfür sind weitere Untersuchungen hinsichtlich der Anforderungen und Nutzungsprofilen der jeweiligen Nutzergruppen erforderlich.

Demzufolge muss festgestellt werden, dass Elektromotoren der erforderlichen Leistungsklasse, zum gegenwärtigen Zeitpunkt eine Praxistauglichkeit (im Sinne der generellen technischen Eignung, Marktüblichkeit und Wirtschaftlichkeit) nicht erreichen.

7. Alternative Ansätze

Das Biosphärenreservat Spreewald ist eines von 15 von der UNESCO anerkannten Biosphärenreservate Deutschlands.

Aus den Schutzziele und Geboten der Verordnung für das Biosphärenreservat wurden Leitlinien und Landnutzungsmodelle für die Zukunft herausgearbeitet. Die achte Leitlinie besagt: „Alle Formen der touristischen Nutzung sollen umwelt- und sozialverträglich sein. Dabei ist eine Vermeidung von umweltbelastendem Verkehr und die Förderung von umweltfreundlichen Verkehrsmitteln ein wichtiger Grundsatz.“¹⁰.

Um dieser Leitlinie und dem besonderen Status des Biosphärenreservates als einzigartige Natur- und Kulturlandschaft gerecht zu werden, wurden Alternativvorschläge betrachtet und final am 18.11.2010 besprochen. Anwesend waren Herr Eugen Nowak, Leiter des Biosphärenreservates Spreewald; Herr Uwe Ledebuhr und Herr Lutz Puhlmann, Landesamt für Bau und Verkehr; Herr Andreas Heidenreich, Leiter Wasserschutzpolizei; sowie der Gutachter.

7.1 „Bodenseenorm“

Ein Vorschlag zur Begrenzung der Abgasemissionen wurde von Lübbener Kahnfährmännern im Rahmen der zweiten Informationsveranstaltung unterbreitet. Ihre Empfehlung war es die Richtlinien der „Bodenseenorm“ für den Spreewald einzuführen.

Bei der sogenannten „Bodenseenorm“ handelt es sich um die Abgasgrenzwerte nach der Bodensee-Schiffahrts-Ordnung (BSO). Diese sind in Artikel 13.11a in Verbindung mit Anlage C geregelt und werden in zwei Stufen, mit jeweils unterschiedlichen Grenzwerten, unterteilt.

¹⁰ <http://www.mugv.brandenburg.de/cms/detail.php/lbm1.c.386057.de>

Die erste Stufe ist bereits seit dem 1.1.1993 in Kraft, die zweite Stufe (mit Ausnahmeregelungen) seit dem 1.1.1996.

Es gibt allerdings für im Spreewald gängige Benzinmotoren in den entsprechenden Leistungsbereichen (ca. bis 15PS) bislang kein Modell, was die Anforderungen an Stufe 2 BSO erfüllt¹¹.

Zusätzlich werden auf dem Bodensee Motoren zugelassen, welche die Abgasgrenzwerte nach EU-Sportbootrichtlinie 94/25/EG in Ergänzung mit der Richtlinie 2003/44/EG einhalten. Diese Abgasgrenzwerte gelten seit dem 31.12.2005 europaweit für Viertaktmotoren und seit dem 31.12.2006 für Zweitaktmotoren.

Die Zulassungsvoraussetzungen für Motoren (Einhaltung Abgasgrenzwerte nach Stufe 1 oder Stufe 2 BSO oder EU-Richtlinie) gelten in o.g. Form seit 2006 für Neuzulassungen auf dem Bodensee.

Es hat sich im eingangs genannten Gespräch herausgestellt, dass oben genannte EU-Richtlinie bereits in die auch für den Spreewald gültige Landesschifffahrtsordnung des Landes Brandenburg unter Paragraph 40 Punkt 3 mit Gültigkeit für Sportboote im Land Brandenburg implementiert ist¹².

Die Abgasgrenzwerte nach BSO Stufe 1 sind vergleichbar mit den Abgasvorschriften nach EU-Richtlinie 2003/44/EG. Die Werte unterscheiden sich minimal.

Eine Übernahme der Abgasvorschriften nach Stufe 2 BSO ist praktisch nicht umsetzbar, da bisher keine Motoren im für Spreewaldkähne typischen Leistungsbereich diese Anforderungen erfüllen.

Die Einführung einer weiteren Abgasvorschrift wird als nicht empfehlenswert eingestuft.

¹¹ <http://www.bodenseekreis.de/verkehr-wirtschaft/schiffahrt/bootszulassung/motorenlisten/benzinmotoren.html>

¹² <http://www.brandenburg.de/cms/media.php/lbm1.a.3310.de/LschiffV.pdf>

7.2 Verwendung von Zweitaktmotoren

Bislang waren Zweitaktmotoren bekannt für starke Geräusch- und Abgasemissionen. Zum Schutz von Mensch und Natur wurde daher in Erwägung gezogen, die Verwendung von Zweitaktmotoren zu verbieten.

Da nicht alle verwendeten Motoren im Spreewald zentral erfasst sind, gestaltet sich eine Aussage über den prozentualen Anteil von Zweitaktmotoren äußerst schwierig.

Jedoch werden laut Aussagen der Nutzer von Antriebsmaschinen sowie Herrn Heidenreich, Leiter Wasserschutzpolizei, alte Zweitaktmotoren, welche obige Abgasvorschriften nicht einhalten, nur noch in Einzelfällen benutzt. Die Mehrheit der Nutzer verwendet Viertaktmotoren.

Des Weiteren gibt es moderne Zweitaktmotoren, welche die EU-Abgasvorschriften und die Abgasvorschriften der BSO einhalten. Auch solche Motoren werden im Spreewald verwendet.

Daher erscheint ein Verbot von Zweitaktmotoren im Hinblick auf Aufwand / Nutzen unter Berücksichtigung des aktuellen Stands der Technik als bedingt empfehlenswert.

7.3 Leistungsbegrenzung

Zum Schutz von Gewässersohlen und Ufern vor zu starker Verwirbelung des Wassers bedingt durch heftige Schraubenbewegungen im Wasser wurde vorgeschlagen die Leistung von Antriebsmaschinen auf ca. 10PS zu begrenzen. Eine Leistungsbegrenzung ist auch am Bodensee (100PS Grenze, jedoch mit Ausnahmen) üblich.

Durch die Einführung einer Leistungsbegrenzung soll vermieden werden, dass Spreewaldkähne mit hohen Geschwindigkeiten fahren und obige Effekte auslösen. Im Spreewald gilt eine maximal zulässige Geschwindigkeit von sechs km/h, jedoch wird diese laut Aussagen

mehrerer Personen, unter anderem Kahnfährmännern selbst, häufiger überschritten.

Dennoch führt eine hohe Leistung der Antriebsmaschine nicht automatisch zu einer höheren Fahrtgeschwindigkeit. Vielmehr sollte daher an die Nutzer appelliert werden, die maximal zulässigen Geschwindigkeiten einzuhalten. Zusätzlich sollte die Wasserschutzpolizei vermehrt Kontrollen zur besseren Durchsetzung bestehender Vorschriften durchführen.

Ein Verbot von Motoren mit einer höheren Leistung als bspw. 10PS erscheint daher lediglich bedingt empfehlenswert. Des Weiteren würde dies für diverse Nutzer einen finanziellen Mehraufwand bedeuten, da neue Motoren beschafft werden müssten.

8. Motivationsstrategie

Das bisherige Vorgehen, Elektroantriebe zu einem bestimmten Zeitpunkt zwangsweise verbindlich einzusetzen, erscheint ungeeignet. Zum einen ist die Praxistauglichkeit eventuell nicht für jeden Nutzer garantiert, zum anderen entstehen aufgrund des Zwanges eines festen Umstellungstermins Unsicherheiten bei den Nutzern. Die Betroffenen wissen nicht, in wie weit sich welche Technik für sie eignet, wie stark die finanzielle Belastung sein wird (evtl. wurde kurz vorher ein neuer Motor gekauft) und was bei den neuen Technologien zu beachten ist. Diese Unsicherheiten / Ängste könnten eine Ablehnung gegenüber Elektroantrieben hervorrufen. Daher erscheint es geeigneter die Umstellung auf Elektroantriebe erst zu einem festen Einführungszeitpunkt vorzunehmen, wenn die Praxistauglichkeit nachgewiesen ist.

Teilweise werden Elektroantriebe bereits von einzelnen Personen, vorwiegend privat, teilweise auch gewerblich, als Antriebsmaschinen an Spreewaldkähnen im Alltag eingesetzt. Für diese Nutzer genügt die verfügbare Technik zwar den jeweiligen individuellen Bedürfnissen, bedeutet jedoch nicht, dass Elektroantriebe generell geeignet sind.

Um eine grundsätzliche Praxistauglichkeit festzustellen sind weitere Untersuchungen nötig. Auf individueller Basis wird empfohlen entsprechende Anreizsysteme für den freiwilligen Umstieg auf elektrische Antriebe einzurichten.

8.1 Modellregion Allgäu

Für eine Überprüfung hinsichtlich der Praxistauglichkeit von Elektroantrieben an Spreewaldkähnen wird empfohlen alle fünf Jahre eine Untersuchung durchzuführen.

Aufgrund großer Fortschritte im Elektromobilitätssektor sind in diesen zeitlichen Abständen einerseits technische Fortschritte hinsichtlich (neuer)

Motoren sowie Akkumulatoren und andererseits sinkende Preise zu erwarten.

Es wird empfohlen zukünftige Tests nach dem Vorbild der „eE-Tour Allgäu“ auszurichten. In diesem vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie geförderten Modellprojekt werden Möglichkeiten der Elektromobilität im Tourismus erforscht und realisiert. Dazu wird eine Fahrzeugflotte von über 50 Fahrzeugen, sowie die entsprechende Ladeinfrastruktur bereitgestellt. Dadurch sollen umfangreiche Erfahrungen mit verschiedenen technischen Lösungen gesammelt und ausgewertet werden.

Für die Überprüfung der Praxistauglichkeit von Elektroantrieben im Spreewald wird ebenfalls empfohlen auf die Nutzergruppen zugeschnittene verschiedene technische Lösungen zu testen. Dies bedeutet mehrere unterschiedliche Motoren (Hersteller, Leistungsklassen) und Batterien. Dadurch sollen einerseits Redundanzen gebildet werden um bei eventuellen technischen Ausfällen die Tests weiterführen zu können, andererseits kann so ein breiteres Spektrum an technischen Lösungen erfasst werden.

Die Tests sollten ähnlich wie im oben genannten Projekt eine längere Laufzeit aufweisen. Empfehlenswert ist mindestens ein Jahr um somit auch die Eignung der Technik im Winter untersuchen zu können (Kapazität der Batterien).

Denkbar ist auch diese Tests im Rahmen einer Elektromobilitätsstudie für den regionalen Tourismus unter Einbeziehung des individuellen Besucherverkehrs durchzuführen.

Es ist anzunehmen, dass die Bereitschaft zur Beschäftigung mit umweltfreundlichen Technologien gerade in einer Region wie dem Biosphärenreservat Spreewald seitens der Öffentlichkeit positiv wahrgenommen wird.

8.2 Anreiz- und Motivationssysteme

Um auf individueller Basis den Einsatz von Elektroantrieben zu fördern, wird empfohlen ein vorwiegend finanziell ausgerichtetes Anreizsystem zum freiwilligen Umstieg zu schaffen. Bislang stellen die Anschaffungskosten der Technik, in Verbindung mit teilweise hohen Leistungsansprüchen, einen starken Faktor zur Entscheidung gegen einen Elektroantrieb dar. Vermutlich wäre die Nutzung eines Elektroantriebes für die meisten Nutzer daher unwirtschaftlich. Zu berücksichtigen sind zusätzlich die strukturellen Bedingungen hinsichtlich der Kaufkraft. So ist es beispielsweise landwirtschaftlich Tätigen, welche eventuell über geringes Eigenkapital verfügen, aus wirtschaftlichen und sozialen Gründen nicht zumutbar sich aufgrund der Umstellung auf Elektroantriebe neue kostenintensive Technik anzuschaffen.

Sinnvoll und eventuell unabdingbar erscheint daher entweder eine Art „Abwrackprämie“ nach dem Vorbild der deutschen Regierung im Jahr 2009 für die Autoindustrie, oder eine generelle Prämie bei Neuanschaffung der Technik.

Diese Prämien sind nicht unüblich¹³. So beträgt die staatliche Maximalförderung beim Kauf eines Elektroautos in¹⁴:

- Dänemark 17.500€
- Japan 10.000€
- China 6.500€
- Großbritannien 5.600€
- USA 5.300€ und
- Frankreich 5.000€.

Da die Kosten für Elektroantriebe aufgrund unterschiedlicher Nutzungsansprüche sehr unterschiedlich ausfallen können, wäre anstelle

¹³ <http://www.elektroauto-fahren.com/foerderung-elektroauto.html>

¹⁴

http://www.focus.de/magazin/verlagssonderveroeffentlichungen/fahren_mit_strom/foerderung/foerderung-verbissener-wettlauf_aid_490709.html

eines festen Betrages eine prozentuale Prämie gemessen an den Anschaffungskosten, oder eventuellen Umrüstkosten eines Verbrennungsmotors zu einem Elektromotor, sinnvoll. Diese sollte jedoch bei einem bestimmten Betrag gedeckelt werden.

9. Handlungsempfehlungen

Da die Praxistauglichkeit von Elektromotoren in den erforderlichen Leistungsklassen nicht nachgewiesen werden konnte, wird empfohlen, künftig auf einen festen Termin für die Einführung von Elektromotoren zu verzichten, solange ihre Praxistauglichkeit nicht nachgewiesen wurde. Die Praxistauglichkeit ist in regelmäßigen Abständen – empfohlen werden fünf Jahre – zu prüfen. Nach Feststellung der Praxistauglichkeit sind Elektromotoren sofort verbindlich einzuführen, wobei für vorhandene Verbrennungsmotoren eine Übergangsfrist – empfohlen werden 10 Jahre – vorzusehen ist.

Die Übergangsfrist von 10 Jahren für vorhandene Verbrennungsmotoren entspricht dabei der üblichen Lebensdauer eines Außenbordmotors nach Richtlinie 2003/44/EG. Mit Hilfe dieser Übergangsfrist soll ein sozial- und wirtschaftlich vertretbarer Umstieg bei eventuell kurz davor getätigten Neuanschaffungen von Benzinmotoren gewährleistet werden.

Für die entsprechende textliche Änderung des Erlasses wird folgender Wortlaut vorgeschlagen:

„Ab dem 1.1.2012 sind durch die Biosphärenreservatsverwaltung alle fünf Jahre Untersuchungsergebnisse vorzulegen, welche die Eignung von Elektroantrieben als Antriebsmaschinen für Spreewaldkähne nachweisen.

Wird bei den Untersuchungen festgestellt, dass Elektroantriebe geeignet und marktüblich sind, sind diese von diesem Zeitpunkt an ausschließlich zu verwenden.

Für Verbrennungsmotoren, die bis zur Vorlage der Untersuchungsergebnisse betrieben wurden, gilt ab diesem Zeitpunkt eine Übergangsfrist von 10 Jahren.“

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Quantifizierung Kähne	9
Abbildung 2: CombiNautic E-Thruster und Torqeedo Cruise 2.0	15
Abbildung 3: Verwendeter Akkumulator	17
Abbildung 4: Ladegerät, Ladestrom 60A	18
Abbildung 5: Geplanter Testablauf 2009	20
Abbildung 6: Realer Verlauf 2009.....	21
Abbildung 7: Geplanter Testablauf 2010	21
Abbildung 8: Realer Verlauf 2010.....	22
Abbildung 9: Schadbild Motor 1	24
Abbildung 10: Schadbild Motor 2, Schraube	25
Abbildung 11: Schadbild Motor 2, Finne.....	25
Abbildung 12: Motor 4, Rutschkupplung	26
Abbildung 13: Motor 4, Gummiring	27
Abbildung 14: Reichweiten der Testpartner	36
Abbildung 15: Vorstellbare Preisentwicklung Super-Benzin.....	40
Abbildung 16: Vorstellbare Preisentwicklung Strom	40
Abbildung 17: Kostenvergleich Personenkähne, geringe Nutzung	42
Abbildung 18: Kostenvergleich Personenkähne, starke Nutzung.....	42
Abbildung 19: Kostenvergleich sonstige Kähne, geringe Nutzung	42

Elektroantriebe im Spreewald - Testreihe unter Praxisbedingungen

3. Elektromotore einzeln (unabhängig von Benzinmotor)

	☹☹	☹	☺	☺☺	☺☺☺
1. Die Handhabung (An- / Abbau, Transport etc.)		X			
2. Die Leistung (Schubkraft)				X	
3. Das Bremsverhalten (Bremskraft)	X	X			
4. Das Lenkverhalten				X	
5. Die Bedienung des Motors				X	
6. Die Geräuschentwicklung				X	
7. Durchfahren verkrauteter Abschnitte			X		
8. Befahren von Fließen mit starker Strömung				X	
9. Qualitative Verarbeitung		X			
10. Tauglichkeit im Alltag		X			
11. Gesamteindruck			X		
12. Ich hatte Schwierigkeiten oder Probleme mit einem / beiden Motor/en () ja / () nein					
13. Wenn ja, welche:	<hr/> <hr/> <hr/>				

14. Was meiner Meinung nach verbessert werden könnte:

4. Akkumulatoren

	☹☹	☹	☺	☺☺	☺☺☺
1. Handhabung (Transport in und aus dem Kahn)			X		
2. Möglichkeit zu Unterbringung auf dem Kahn			X		
3. Das Gewicht / Volumen					X
4. Verschaltung untereinander ist leicht verständlich und durchführbar				X	
5. Benötigte Ladezeit				X	
6. Die Sicherheit (Materialien, Wandstärken etc.)				X	
7. Ich konnte die Restfahrzeit abschätzen				X	
8. Tauglichkeit im Alltag		X			
9. Die Gesamteindruck der Akkumulatoren			X		
10. Ich habe zwischengeladen () ja / () nein					
11. Ich hatte Schwierigkeiten oder Probleme () ja / () nein					
Wenn ja, welche:	<hr/> <hr/> <hr/>				

12. Was meiner Meinung nach verbessert werden könnte:

4. Fazit und Anmerkungen

1. Für meine Zwecke eignen sich die vorgestellten Elektroantriebe
(unabhängig von einem Vergleich zu Verbrennungsmotoren)

☹☹	☹	☺	☺☺	☺☺☺
X				

2. Verglichen mit meinem Motor ist der Elektroantrieb

				X	
--	--	--	--	---	--

3. Ich könnte mir vorstellen einem Elektromotor im Alltag zu benutzen

		X		
--	--	---	--	--

4. Wie sehen SIE die Zukunft von elektrischen Antrieben im Spreewald (persönliche Meinung)?

5. Welche Voraussetzungen müssten Ihrer Meinung nach erfüllt sein (politisch, technisch, wirtschaftlich) bevor eine solche geplante Verordnung umgesetzt werden kann?

6. Die Testreihe war für mich

7. Platz für Anregungen und Hinweise

Vielen Dank für Ihre Teilnahme!

Angaben Tester 2

Elektroantriebe im Spreewald - Testreihe unter Praxisbedingungen

Wasser- und Bodenverband
"Oberland Calau"

Feedbackbogen

Biosphärenreservat
Spreewald

1. Allgemeiner Teil

1. Länge / Breite des Kahns 8,50 m
2. Material Holz
3. Personenanzahl (ohne Tische) 23 Personen
4. Durchschnittlich beförderte Personen 16 Personen
5. Leistung des Verbrennungsmotors 6 PS
6. Alter des Motors 8 Jahre
7. Durchschnittliche Dauer der Touren 8 Stunden
8. Dabei nutze ich den Motor ca. 2 Stunden
9. Bei meinen Touren habe ich ca. 180 Minuten Aufenthalt
10. Pro Jahr fahre ich ca. 30 Tage
11. Auf meinen Strecken sind die Fließe
(X) stark, () mittel, () kaum, () gar nicht verkrautet.
12. Die geplante Verordnung ist mir bekannt durch
(X) Medien (Zeitung / Radio), () Eigenrecherche, () Freunde / Bekannte, () Diese Testreihe
13. Ich habe mich bisher mit der Thematik Elektroantriebe beschäftigt: (X) ja / () nein

Legende

- 😊😊 - sehr gut / viel besser
 😊 - gut / besser
 😐 - neutral / genauso
 😞 - schlecht (-er)
 😞😞 - sehr (viel) schlecht (-er)
 T - Bewertung Torqeedo
 C - Bewertung CombiNautic
 X - Beide gleich

2. Motorvergleich Benzin / Elektro

	😊😊	😊	😊😊	😊	😊😊
1. Die Handhabung (An- / Abbau, Transport etc.)		X			
2. Die Leistung (Schubkraft)		X			
3. Das Bremsverhalten (Bremskraft)	X				
4. Das Lenkverhalten				X	
5. Die Bedienung des Motors (Gas geben, Bremsen, Schalten)	X				
6. Die Geräuschentwicklung		X			
7. Durchfahren verkrauteter Abschnitte			X		
8. Befahren von Fließen mit starker Strömung		X			
9. Tauglichkeit im Alltag		X			
10. Gesamteindruck			X		
11. Weitere persönliche Bemerkungen / Vor- oder Nachteile:					

- Motor defekt Rückwärtsgang nicht nutzbar

Elektroantriebe im Spreewald - Testreihe unter Praxisbedingungen

3. Elektromotore einzeln (unabhängig von Benzinmotor)

	☹☹	☹	☺	☺☺	☺☺☺
1. Die Handhabung (An- / Abbau, Transport etc.)			X		
2. Die Leistung (Schubkraft)				X	
3. Das Bremsverhalten (Bremskraft)				X	
4. Das Lenkverhalten				X	
5. Die Bedienung des Motors		X			
6. Die Geräuscentwicklung	X				
7. Durchfahren verkrauteter Abschnitte			X		
8. Befahren von Fließen mit starker Strömung		X			
9. Qualitative Verarbeitung	X				
10. Tauglichkeit im Alltag			X		
11. Gesamteindruck		X			

12. Ich hatte Schwierigkeiten oder Probleme mit einem / beiden Motor/en (X) ja / () nein

13. Wenn ja, welche:

- Rückwärtsfahren Motor Defekt
 - Lenkverhalten beim Gasgeben Kommt es zu Verzögerungen
 - Kratzen der Pleie

14. Was meiner Meinung nach verbessert werden könnte:

4. Akkumulatoren

	☹☹	☹	☺	☺☺	☺☺☺
1. Handhabung (Transport in und aus dem Kahn)			X		
2. Möglichkeit zu Unterbringung auf dem Kahn			X		
3. Das Gewicht / Volumen				X	
4. Verschaltung untereinander ist leicht verständlich und durchführbar				X	
5. Benötigte Ladezeit				X	
6. Die Sicherheit (Materialien, Wandstärken etc.)			X		
7. Ich konnte die Restfahrzeit abschätzen	X				
8. Tauglichkeit im Alltag		X			
9. Die Gesamteindruck der Akkumulatoren			X		

10. Ich habe zwischengeladen () ja / (X) nein

11. Ich hatte Schwierigkeiten oder Probleme / ja / () nein

Wenn ja, welche:

12. Was meiner Meinung nach verbessert werden könnte:

Elektroantriebe im Spreewald - Testreihe unter Praxisbedingungen

4. Fazit und Anmerkungen

1. Für meine Zwecke eignen sich die vorgestellten Elektroantriebe
(unabhängig von einem Vergleich zu Verbrennungsmotoren)
2. Verglichen mit meinem Motor ist der Elektroantrieb
3. Ich könnte mir vorstellen einem Elektromotor im Alltag zu benutzen

☹☹	☹	☺	☺☺	☺☺☺	☺☺☺☺
	X				
		X			
			X		

4. Wie sehen SIE die Zukunft von elektrischen Antrieben im Spreewald (persönliche Meinung)?

Zukunft gibt es nur wenn die Batterien kostengünstiger werden
und die Technik an den Motoren ausgereifter ist.

5. Welche Voraussetzungen müssten Ihrer Meinung nach erfüllt sein (politisch, technisch, wirtschaftlich) bevor eine solche geplante Verordnung umgesetzt werden kann?

zu hohe Anschaffungskosten.
Technik muss noch Perfektioniert werden

6. Die Testreihe war für mich

nicht erfolgreich nur ich? Verzögerung durch Technische
defekte
Habe selbst nur einen Motor zum Test gehabt. da Defekt war

7. Platz für Anregungen und Hinweise

Vielen Dank für Ihre Teilnahme!

Angaben WBV

Elektroantriebe im Spreewald - Testreihe unter Praxisbedingungen

**Wasser- und Bodenverband
"Oberland Calau"**

Feedbackbogen

**Biosphärenreservat
Spreewald**

1. Allgemeiner Teil

1. Länge / Breite des Kahns 8,50 m
2. Material 400
3. Personenanzahl (ohne Tische) 15 Personen
4. Durchschnittlich beförderte Personen 7 Personen
5. Leistung des Verbrennungsmotors 6 PS
6. Alter des Motors 7 Jahre
7. Durchschnittliche Dauer der Touren 8 Stunden
8. Dabei nutze ich den Motor ca. 4 Stunden
9. Bei meinen Touren habe ich ca. 3 Minuten Aufenthalt
10. Pro Jahr fahre ich ca. 100 Tage
11. Auf meinen Strecken sind die Fließe
() stark, () mittel, (X) kaum, (X) gar nicht verkrautet.
12. Die geplante Verordnung ist mir bekannt durch
(X) Medien (Zeitung / Radio), () Eigenrecherche, () Freunde / Bekannte, () Diese Testreihe
13. Ich habe mich bisher mit der Thematik Elektroantriebe beschäftigt: (X) ja / () nein

Legende

- ☺☺ - sehr gut / viel besser
- ☺ - gut / besser
- ☹ - neutral / genauso
- ☹☹ - schlecht (-er)
- ☹☹☹ - sehr (viel) schlecht (-er)
- T - Bewertung Torqeedo
- C - Bewertung CombiNautic
- X - Beide gleich

2. Motorvergleich Benzin / Elektro

	☺☺	☺	☹	☹☹	☹☹☹
1. Die Handhabung (An- / Abbau, Transport etc.)			X		
2. Die Leistung (Schubkraft)				X	
3. Das Bremsverhalten (Bremskraft)			X		
4. Das Lenkverhalten			X		
5. Die Bedienung des Motors (Gas geben, Bremsen, Schalten)				X	
6. Die Geräusentwicklung					X
7. Durchfahren verkrauteter Abschnitte	X				
8. Befahren von Fließen mit starker Strömung		X			
9. Tauglichkeit im Alltag		X			
10. Gesamteindruck		X			

11. Weitere persönliche Bemerkungen / Vor- oder Nachteile:

im Spreewald nicht geeignet

Vorteile Lautstärke

Nachteile Leistung nicht nicht für mehr als 4/7
Kraut, Strömung

Umschaltung zu lange

3. Elektromotore einzeln (unabhängig von Benzinmotor)

	😊😊	😊	😊	😊	😊	😊😊
1. Die Handhabung (An- / Abbau, Transport etc.)				X		
2. Die Leistung (Schubkraft)					X	
3. Das Bremsverhalten (Bremskraft)		X				
4. Das Lenkverhalten				X		
5. Die Bedienung des Motors					X	
6. Die Geräusentwicklung					X	
7. Durchfahren verkrauteter Abschnitte	X					
8. Befahren von Fliesen mit starker Strömung		X				
9. Qualitative Verarbeitung			X			
10. Tauglichkeit im Alltag		X				
11. Gesamteindruck		X				

12. Ich hatte Schwierigkeiten oder Probleme mit einem / beiden Motor/en (X) ja / () nein

13. Wenn ja, welche:

Plank Motoren, keine Ufer, Schraube kaputte Motoren

14. Was meiner Meinung nach verbessert werden könnte:

Uferknoten, sowie Leistung

4. Akkumulatoren

	😊😊	😊	😊	😊	😊😊
1. Handhabung (Transport in und aus dem Kahn)		X			
2. Möglichkeit zu Unterbringung auf dem Kahn				X	
3. Das Gewicht / Volumen				X	
4. Verschaltung untereinander ist leicht verständlich und durchführbar				X	
5. Benötigte Ladezeit				X	
6. Die Sicherheit (Materialien, Wandstärken etc.)				X	
7. Ich konnte die Restfahzeit abschätzen		X			
8. Tauglichkeit im Alltag	X				
9. Die Gesamteindruck der Akkumulatoren		X			

10. Ich habe zwischengeladen (X) ja / () nein

11. Ich hatte Schwierigkeiten oder Probleme (X) ja / () nein

Wenn ja, welche:

Reicht nicht aus über eine Fahrzeit von 3-4h + Schrägung, Krack

12. Was meiner Meinung nach verbessert werden könnte:

Motoren Leistung

4. Fazit und Anmerkungen

- | | 😊😊 | 😊 | 😊 | 😊 | 😊😊 |
|---|----|---|---|---|----|
| 1. Für meine Zwecke eignen sich die vorgestellten Elektroantriebe (unabhängig von einem Vergleich zu Verbrennungsmotoren) | X | | | | |
| 2. Verglichen mit meinem Motor ist der Elektroantrieb | X | | | | |
| 3. Ich könnte mir vorstellen einem Elektromotor im Alltag zu benutzen | X | | | | |

4. Wie sehen SIE die Zukunft von elektrischen Antrieben im Spreewald (persönliche Meinung)?

Ich glaube das es für den Spreewald ungeeignet ist. Da kommt Stromung sowie Leistung nicht richtig raus

5. Welche Voraussetzungen müssten Ihrer Meinung nach erfüllt sein (politisch, technisch, wirtschaftlich) bevor eine solche geplante Verordnung umgesetzt werden kann?

nur wenn Motoren geeignet sind

6. Die Testreihe war für mich

gut um zu sehen aber nicht tauglich

7. Platz für Anregungen und Hinweise

Motoren müssten besser zur Umschaltung sowie Stromzufuhr

Vielen Dank für Ihre Teilnahme!