

Sonderdruck

mit freundlicher Genehmigung des KWF
für die ANDREAS STIHL AG & Co.

Aus der Prüfarbeit

Sonderkraftstoffe im Test

Dietmar Ruppert

Das KWF hat in Zusammenarbeit mit einem akkreditierten Fachlabor für Kraftstoffanalytik die derzeit am Markt verfügbaren Sonderkraftstoffe analysieren lassen.

Der jährliche Holzeinschlag in der BRD liegt bei ca. 40 Mio. Festmeter.

Trotz der weiter zunehmenden Mechanisierung wird davon nur ca. 1/6 mit Vollernern aufgearbeitet, der Rest motormannuell, also mit Motorsägen. Bei einem geschätzten Bedarf von 0,31 Kraftstoff je aufgearbeitetem Fm bedeutet dies ein Benzinverbrauch in der Größenordnung von ca. 12 Mio. Liter.

Bei Zweitaktmotoren, wie sie in Motorsägen verwendet werden, gehen ca. 20 % des eingesetzten Kraftstoffes unverbrannt als Spülverluste verloren. Unter der o. g. Annahme werden also ca. 2,5 Mio. Liter Benzin in Gasform direkt in die Umwelt und somit auch in den Atembereich des Motorsägenführers ausgestoßen. Die Spülverluste haben quasi die gleiche Zusammensetzung wie der frische Kraftstoff, d.h. alle (giftigen) Inhalts-

dieser hochkanzerogenen Substanz.

Mit der Belastung der Waldarbeiter durch Motorsägenabgase hat sich erstmals 1980 das schwedische Arbeits- und Umweltinstitut intensiv auseinandergesetzt und den Umfang der gesundheitlichen Beeinträchtigung ermittelt.

In Deutschland hat das KWF u. a. in 3 Workshops dieses Thema aufgegriffen und mit Fachleuten aus den Bereichen Arbeitsmedizin, Toxikologie und Forsttechnik bearbeitet. Über die Ergebnisse der unterschiedlichen Aktivitäten wurde regelmäßig in den „Forsttechnische Informationen“ berichtet; der Sachstand wird hier als weitgehend bekannt vorausgesetzt.

Soviel sei jedoch zur Auffrischung nochmals gesagt:

Sonderkraftstoffe wurden von allen Fachleuten als eine sofort verfügbare und



20% des Kraftstoffes gehen als Spülverluste verloren und gelangen somit auch in den Atembereich des Waldarbeiters.

stoffe sind in gleichen Anteilen im Abgas wieder zu finden.

Greift man als Beispiel den bekannten Gefahrstoff Benzol heraus, der mit ca. 3 Vol.-% immer noch im Normal-Ottokraftstoff enthalten ist, ergibt sich daraus ein rechnerischer Ausstoß von ca. 72.000 Liter

hochgradig wirksame Möglichkeit zur Verbesserung der Abgassituation von Motorsägenführern beurteilt.

Die Produkte werden seit 10 Jahren auf dem deutschen Markt angeboten; lange Zeit aber ohne bedeutende Verkaufsmengen. Diese Situation hat sich jetzt geän-



Forsttechnische Informationen

Fachzeitschrift für Waldarbeit und Forsttechnik
D 6050

3/99

dert. Bei vielen privaten- und kommunalen Forstverwaltungen, aber auch Straßenverwaltungen, Gartenämtern usw. werden inzwischen Kleingeräte mit Sonderkraftstoffen betrieben.

Einige große Landesforstverwaltungen fördern die Verwendung von Sonderkraftstoffen ebenfalls, entweder durch Übernahme der Mehrkosten bei der Beschaffung (Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz, Saarland, Thüringen, Schleswig-Holstein) oder durch gänzliche Bereitstellung (Nordrhein-Westfalen). In anderen Verwaltungen wird inzwischen ebenfalls an Förderplänen gearbeitet.

Mit den zunehmenden Verkaufsmengen hat sich auch die Zahl der Anbieter vergrößert. Natürlich werden alle Produkte als „gesundheitsfreundlich“ angeboten, allerdings ohne die Verbraucher sachkundig über die Inhaltsstoffe informieren.

In Zusammenarbeit mit einem akkreditierten Fachlabor für Kraftstoffanalytik hat das KWF jetzt die derzeit angebotenen Produkte analysieren lassen. Bewertungsgrundlage ist die bisher einzige Norm für derartige Kraftstoffe, die schwedische Norm SS 1554610.

Spezielle nationale oder internationale Normen z.B. DIN oder EN stehen nicht zur Verfügung und sind kurzfristig auch nicht zu erwarten.

Ottokraftstoff

Herkömmliche Benzine sind ein Gemisch aus mehreren Hundert verschiedenen Kohlenwasserstoffen und enthalten sowohl gesättigte (Paraffine), ungesättigte (Olefine) als auch aromatische Anteile.

Die Zusammensetzung richtet sich hauptsächlich an den Bedingungen aus, wie sie für 4-Takt-Motoren im Pkw-Bereich vorgegeben sind. Dazu zählt an erster Stelle der Siedeverlauf. Durch Anteile von Komponenten mit unterschiedlichen Siedetemperaturen wird der Kraftstoff an den jeweiligen Betriebszustand des Motors (Kaltstart, Warmstart, Kalt-/Warmfahrverhalten) angepaßt. Weitere wichtige Eigenschaften sind Klopfestigkeit, Korrosionsschutz, Lagerfähigkeit, Ablagerungsverhalten und Verbrauch.

Bei der Herstellung wird in einer Destillationsanlage das Rohöl auf ca. 360°C erhitzt. Die aufsteigenden Dämpfe kühlen mit zunehmender Höhe ab und kondensieren dann, je nach Zusammensetzung, unterschiedlich aus. Die Kondensate werden einzeln aufgefangen und entweder weiterverarbeitet, (z.B. gecrackt) oder direkt (Siedepunkt bis 200°C) für die Kraftstoffaufmischung verwendet.

Sonderkraftstoff (Alkylat)

Bei den üblicherweise als Sonderkraftstoffe bezeichneten Produkten handelt es sich ebenfalls um Rohölerzeugnisse. Die chemische Struktur und das Herstellungsverfahren sind im Vergleich zu herkömmlichem Kraftstoff völlig unterschiedlich.

Bei der Alkylierung werden die Kohlenwasserstoffe in der Gasphase zusammengeführt. Dadurch ist eine sehr genaue Auswahl aufgrund der unterschiedlichen Siedetemperaturen möglich. Nur so können paraffinische (gesättigte kettenförmige) oder isoparaffinische (gesättigte verzweigte) Kohlenwasserstoffe mit hoher Reinheit zusammengeführt werden.

Die besonderen Eigenschaften dieser Stoffe sind:

- hoher Energiegehalt
- reaktionsträge bei der Verbrennung
- weitgehend unbedenklich für Gesundheit und Umwelt.

Alkylatprodukte fallen auch in klassischen Raffinerien an wenn eine entsprechende Prozeßanlage vorhanden ist. Sie sind auch in herkömmlichen Kraftstoffen in geringen Mengen (Filetstücke) enthalten. Es besteht jedoch häufig das Problem, daß sie nicht beliebig aus dem automatisierten Ablauf der Kraftstoff-Aufmischung herausgenommen werden können.

Nur wenige Raffinerien stehen als Lieferanten zur Verfügung. Dadurch und aufgrund der vergleichsweise geringen Mengen sowie der aufwendigeren Logistik, liegen die Preise deutlich über denen von Tankstellen-Kraftstoffen.

Eigenschaften

Die in der Sonderkraftstoff-Norm aufgeführten Anforderungen sind so ausgerichtet, daß einerseits ein größtmöglicher Gesundheits- und Umweltschutz sichergestellt wird, andererseits aber auch der Betrieb in Verbrennungsmotoren ohne zusätzliche Modifikationen möglich ist.

Klopfestigkeit

Unkontrollierte Verbrennung durch Selbstentzündung (klopfen) führt zu erhöhten thermischen und mechanischen Belastungen des Motors. Die Klopfestigkeit bei niedrigen bis mittleren Drehzahlen wird als Research-Oktanzahl (ROZ) angegeben. Bei hohen Drehzahlen, wie sie für Hochleistungs-Zweitaktmotoren typisch sind, wird die Klopfestigkeit als Motor-Oktanzahl (MOZ) angegeben. Grundsätzlich gilt, je höher der Wert, um so besser ist die Klopfestigkeit.

Dichte

Alle Sonderkraftstoffe haben eine niedrigere spezifische Dichte als Normkraftstoffe. Eine Ursache dafür ist, daß der Anteil „leichter“ Kohlenwasserstoffe vergleichsweise hoch ist. Technische Nachteile ergeben sich daraus nicht. Der theoretisch höhere Kraftstoffverbrauch läßt sich im praktischen Betrieb fast nicht nachweisen. Hier überwiegt der Einfluß der Vergasereinstellung.

Blei

Bleiverbindungen wurden zugegeben, um die Klopfestigkeit zu verbessern. Weiterhin verbesserte Blei die Ventilsitzabdichtung. Neben diesen technisch positiven Eigenschaften ist Blei jedoch in

hohem Maße human- und ökotoxisch. Bei den geprüften Sonderkraftstoffen konnten allerdings keine organischen Bleiverbindungen nachgewiesen werden.

Benzol

Benzol ist eines der gefährlichsten Kanzerogene. Es handelt sich um einen aromatischen Kohlenwasserstoff, der im Rohöl vorhanden ist, aber auch im hohen Maße bei der Verarbeitung des Rohöles anfällt. Aufgrund seiner hohen Oktanzahl trägt Benzol als „billiger Zusatzstoff“ zur Verbesserung der Klopfestigkeit bei. Benzol ist nicht nur als Grundstoff im Benzin enthalten, es bildet sich zusätzlich bei dem Verbrennungsvorgang der ungesättigten Kohlenwasserstoffe im Motor.

Die gemessenen Werte liegen auf einem sehr niedrigen Niveau. Weitere Reduzierungen sind mit technisch vertretbarem Aufwand nicht mehr möglich.

Aromaten

Bei Aromaten handelt es sich um ringförmige, ungesättigte Kohlenwasserstoffe (z.B. Benzol), von denen sehr viele als krebserregend eingestuft sind. Sie sind in großen Mengen im Rohöl enthalten und entstehen zusätzlich beim Raffinationsprozess und bei der Verbrennung.

Wegen der hohen Gesundheitsgefährdung sollte der Aromatengehalt im Sonderkraftstoff möglichst nahe bei Null liegen.

Olefine

Gerade oder verzweigte, ungesättigte Kohlenwasserstoffe werden als Olefine bezeichnet. Sie enthalten Doppelbindungen zwischen zwei Kohlenstoffatomen; es herrscht also Mangel an Wasserstoffatomen. Dadurch sind sie reaktionsfreu-

Schwefel

Organische Schwefelverbindungen sind in unterschiedlichen Mengen im Rohöl enthalten. Bei der Verbrennung entsteht zunächst das giftige Schwefeldioxyd und in der Folge schwefelige Säure, die als Umweltgift z.B. für den sauren Regen mitverantwortlich ist.

Alle Sonderkraftstoffe sind nahezu schwefelfrei.

Korrosionswirkung

Die mit dem Kraftstoff in Verbindung kommenden Teile des Motors sind gefährdet, wenn im Kraftstoff korrosiv wirkende Bestandteile enthalten sind. Schwefelverbindungen in Verbindung mit Schweißwasser sind typische Korrosionsverursacher. Aufgrund der fast nicht vorhandenen reaktiven Schwefelverbindungen fallen alle Sonderkraftstoffe in die bestmögliche Einstufung der Bewertungsskala.

Siedeverlauf

Kraftstoff muß sich den unterschiedlichen Betriebsbedingungen des Motors anpassen können. Dazu ist eine Zusammensetzung erforderlich, die bei unterschiedlichen Temperaturen siedende Anteile erhält.

Zur Verbesserung des Kaltstartverhaltens sind Anteile im Siedetemperaturbereich von 30-75°C erforderlich. Der mittlere Siedebereich deckt die Übergangsphase vom Kalt- zum Warmlauf ab. Kraftstoffanteile, die erst bei über 150°C siedend, haben einen hohen spezifischen Energiegehalt und beeinflussen den Verbrauch im Vollastbereich positiv.

Bei einem Siedepunkt über 200°C besteht die Gefahr, daß Teilmengen des Kraftstoffes in der flüssigen Phase blei-

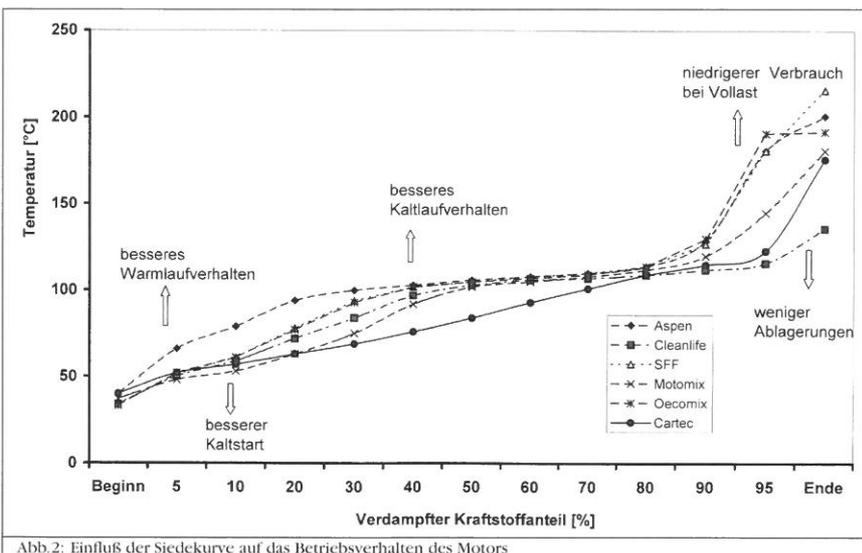


Abb. 2: Einfluß der Siedekurve auf das Betriebsverhalten des Motors

dig und können bei der Verbrennung neue, kritische Produkte bilden. Olefine entstehen meist bei der Weiterverarbeitung der Rohölschnitte, wobei längere Kohlenwasserstoff-Moleküle in mehrere kurze Moleküle aufgespalten werden.

Olefine gelten teilweise als gesundheits- und umweltgefährdend (Smog) und sind zudem geruchsintensiv.

ben und somit deren Energiegehalt nicht mehr für die Verbrennung zur Verfügung steht, außerdem können dann Ablagerungen im Motor auftreten.

Alle Sonderkraftstoffe haben einen tendenziellen geringeren Anteil niedrig siedender Bestandteile als Normalbenzin. Die Praxiserfahrungen zeigen jedoch, daß dadurch das Kaltstartverhalten nicht

spürbar verschlechtert wird.

Destillationsrückstand

Unter der Annahme, daß bei dem maximalen Siedepunkt alle flüchtigen Kohlenwasserstoffe verdampft sind, wird der verbleibende Rest als Destillationsrückstand ausgewiesen. Bei 2-T-Kraftstoffen ist es das zugefügte Öl für die Schmierung des Motors.

Dampfdruck

Der geringere Anteil niedrig siedender Bestandteile führt im allgemeinen zu einem geringeren Dampfdruck. Insbesondere bei sommerlichen Temperaturen erweist sich dies als sichtbarer Vorteil, wenn der Kraftstoffkanister nicht so stark „unter Druck steht“, wie dies bei Normalkraftstoff der Fall ist und wenn beim Betanken weniger Kraftstoffdampf in den Atembereich gelangt.

In der Tabelle weist das Produkt mit dem niedrigstem Dampfdruck den geringsten Anteil von verdampfter Kraftstoffmenge im Temperaturbereich bis 70°C auf.

n-Hexangehalt

Obwohl es sich um ein Normal- (n)-Paraffin, d.h. einen gesättigten Kohlenwasserstoff handelt, verdient dieser Stoff Beachtung, da er im Verdacht steht nervenschädigende Eigenschaften zu haben.

Anders als bei Normalkraftstoff, wo es keine Festlegung gibt, ist in der „Schwe-

derkraftstoffe ist der max. Anteil auf 0,5% limitiert. Zyklohexane können „reizend“ auf die Atemwege wirken.

Bei zwei Produkten liegt der ermittelte Wert über der Vorgabe der Sonderkraftstoff-Norm.

Zweitaktöl

Wie oben schon erwähnt, wird der Zweitaktöl-Anteil aus dem Abdampfrückstand abgeleitet. Aus dem Gewichtsanteil ergibt sich unter der Annahme einer Dichte von 0,9g/ml (ohne Lösungsmittel) ein Ölanteil von 1,2 - 2,0%. Dies entspricht Mischungsverhältnissen von 1:80 bis 1:50.

Ölanteile unter 1,7%, wie sie bei einem Produkt vorkommen, führen erfahrungsgemäß zu höherem Verschleiß im Motor.

Art des Zweitaktöles

Neben dem Gemischanteil ist die Art des Grundöles ein wichtiges Kennzeichen für die Bewertung.

Mineralöle, sog. Raffinate, werden aus Rohöl hergestellt. Sie haben gute technische Eigenschaften, sind jedoch biologisch schwer abbaubar und können gesundheitsbedenkliche Bestandteile enthalten.

Vollsynthetische Öle sind ebenfalls Rohölprodukte, die jedoch aus ausgewählten Grundbestandteilen zusammengemischt werden. Die technischen Eigenschaften sind hoch, das biologische

stens biologisch gut abbaubar und hinsichtlich der Gesundheitsbelastung ebenfalls besser als Mineralöle zu beurteilen.

Zusammenfassung

Die vorgestellten Sonderkraftstoffe sind in ihrer chemischen Struktur weitgehend gleich. Die Anforderungen der schwedischen Norm SS155461 (Motorkraftstoffe-Sonderkraftstoff für motorbetriebene Arbeitsgeräte) werden mit wenigen Ausnahmen erfüllt.

Der abweichende Siedeverlauf wird nicht als Nachteil angesehen. Die Abweichungen bei den Aromaten-, n-Hexan- und Cycloalkanengehalten sind zwar gemessen an den Vorgaben der schwedischen Norm auffällig, dennoch sind alle Produkte aus der Sicht des Gesundheitsschutzes wesentlich unbedenklicher als herkömmliche Ottokraftstoffe von der Tankstelle.

Bei der Beschaffung sollten nicht nur die Inhaltsstoffe verglichen, sondern auch auf Preis, Lieferbedingungen und Qualitätsbeständigkeit geachtet werden.

Autor:

Dietmar Ruppert, KWF

Eigenschaft	Otto-Kraftstoff nach EN 228	Anforderung SS155461D	ASPEN	Cleanlife	SFF	STIHL MOTOMIX	OECOMIX	CARTEC
Klopffestigkeit ROZ	95 (95)	Min.95	96,0	95,7	95,5	95,2	95,4	96,7
MOZ	85 (85)	min 90	93,8	93,0	92,9	93,1	91,9	92,2
Dichte bei 15°C [kg/m³]	725 - 780 (750)	680 - 720	702,5	691,3	697,6	691,8	693,6	697,9
Bleigehalt [mg/l]	max 13 (2)	Max 2,0	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Benzolgehalt Vol. [%]	max 5 (bis 3)	< 0,1	0,03	0,02	0,04	0,04	0,01	0,04
Aromatengehalt Vol. [%]	k.A. (40)	< 0,5	0,47	0,1	0,32	0,28	0,17	0,79 *
Olefine Vol. [%]	k.A. (10)	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Schwefelgehalt Masse [mg/kg]	max 500 (300)	Max 5	< 1	< 1	< 1	< 1	5	3
Korrosionswirkung auf Kupfer [Code]	max 1 (1)	Max. 1	1	1	1	1	1	1
Siedeverlauf verdampfte Menge [Vol%] bei								
70°C	15 - 45 (30)	25 - 42	7	21	15	27	16	33
100°C	40 - 65 (48)	45 - 72	30	46	36	47	38	71
180	min 85 (95)	min 95	95	> 99	95	99	94	99
Siedepunkt [°C]	max 215 (205)	max 200	201	136	216	181	>192	176
Destillationsrückstand [%]	max 1,5	max 3	1,5	1,5	1,5	2,5	2,0	1,04
Dampfdruck [kPa]	W 55 - 90 (90) S 35 - 70 (70)	50 - 65	51	58	55	60	61	54
n - Hexangehalt Vol. [%]	k.A. (1)	< 0,6	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	1,5 *
Cycloalkanengehalt Vol. [%]	k.A. (5)	< 0,5	1,0 *	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	2,4 *
Zweitaktölgehalt Vol. [%]		1,7 +0,2	~1,8 vollsintetisch	~1,8 Ester und vols.	~1,7 * Ester	~2,0 Ester	~1,9 Ester	~1,2 * Ester

Erläuterungen zur Tabelle:

k.A. = Norm enthält keine Angabe (xxx) = typischer Durchschnittswert für Tankstellenbenzin * = Abweichung von der Sonderkraftstoff-Norm

Tab. 1: Vergleich der geprüften Sonderkraftstoffe für 2-T-Motoren (Stand: 25.2.1999).

dennorm" ein maximal zulässiger Anteil von 0,5% festgelegt. Dieser Wert wird nur von einem Produkt nicht eingehalten.

Cykloalkane

Die Ottokraftstoff-Norm EN228 enthält keine Festlegung für diese ringförmigen, gesättigten Kohlenwasserstoffe. Für Son-

Abbauverhalten ist ähnlich wie bei Mineralölen. Sie gelten als weitgehend gesundheitsunbedenklich.

Synthetische Ester

Ausgangsmaterial kann hierfür sowohl Rohöl als auch Pflanzenöl sein.

Die Produkte verfügen ebenfalls über ein hohes Leistungsvermögen, sind mei-

Weitere Informationen über STIHL Motomix erhalten Sie im Fachhandel oder bei: ANDREAS STIHL Vertriebszentrale AG & Co., Postfach 1320, D-64807 Dieburg; STIHL Ges.m.b.H., Mühlgasse 93, A-2380 Perchtoldsdorf; STIHL Vertriebs AG, Postfach, CH-8617 Mönchaltorf