

## Schleppen von Segelflugzeugen mit C42, D-MULI

Erfahrung aus Schlepps von

ASK 21 (ein- und doppelsitzig),

ASK13 (doppelsitzig)

LS4,

Duo Discus Turbo (doppelsitzig)

*Achtung: Maximale Abflugmasse des Segelflugzeuges: 650 kg*

### Empfohlenes Schleppverfahren

- Klappenstellung "neutral"
- Anrollen "Voll gezogen"  
Sobald das Bugrad vom Gras abhebt beschleunigt der Schleppzug merklich besser  
**Achtung:** Gashebel festhalten, beim Rollen im Gras bewegt er sich sonst von der Vollgasstellung weg.
- im Laufe der weiteren Beschleunigung das Bugrad in der Luft halten, Hauptfahrwerk noch am Boden
- Abheben mit ca. 100 km/h
- Segelflugzeug im Rückspiegel beobachten. Bis zum Abheben des Segelflugzeuges in geringer Höhe Fahrt aufholen
- Empfohlenen Schleppgeschwindigkeit: 110 - 120 km / h  
(bei angezeigten 120 km/h ist die Steigleistung nicht merkbar schlechter als bei 110 km/h)  
**Achtung:** Fahrtmesser im UL zeigt 10 km/h mehr an als im Segelflugzeug
- Absteigen:  
Gas langsam auf Leerlauf reduzieren, bei 170 - 180 km/h absteigen  
**Achtung:** Manövergeschwindigkeit beachten: 153 km/h
- Queranflug und Endteil bis zum Seilabwurf mit > 130 km/h
- Landung nach Seilabwurf **ohne!!!!** Klappen  
=> keine Behinderung für Verkehr aus der Platzrunde  
Landestrecken entsprechen denen vom Motorsegler

Starke Abweichungen des Segelflugzeuges (ASK21) aus der Normallage lassen sich ähnlich wie bei der Remorquer durch Gegensteuern beherrschen.

Ein plötzliches Straffen des Seildurchhanges durch das Segelflugzeug führt jedoch zu wesentlich abrupteren Geschwindigkeitsänderungen im UL.

Aufgrund der höheren Geschwindigkeitsreserve stellt dies jedoch kein Problem dar.

## Einige Anmerkungen zu Schleppleistung und Schleppkosten:

Mit Hilfe des Energieerhaltungssatzes lässt sich die Steiggeschwindigkeit des Schleppzuges mit folgender Formel in Abhängigkeit einiger wichtiger Parameter recht gut abschätzen.

$$v_{steig} = \frac{P \cdot \eta - m_m \cdot g \cdot w_m - m \cdot g \cdot \frac{v}{E}}{(m_m + m) \cdot g}$$

$v_{steig}$	Steiggeschwindigkeit des Schleppzuges
P	Motorleistung bei Schleppdrehzahl
$\eta$	Propellerwirkungsgrad $\eta \approx 0,44$
$m_m$	Masse des Motorflugzeugs
$w_m$	Eigensinken des Motorflugzeugs bei Schleppgeschw bei abgeschaltetem Motor
m	Masse des Segelflugzeuges
v	Schleppgeschwindigkeit
E	Gleitzahl des Segelflugzeuges bei Schleppgeschw
g	Erdbeschleunigung

Von der zur Verfügung stehenden Leistung  $P \times \eta$  geht zunächst mal die Leistung weg, die das Motorflugzeug braucht, um sich selbst ohne Höhenverlust in der Luft zu halten. ( $m_m \times g \times w_m$ ). Desweiteren geht die Leistung weg, die man braucht um das Segelflugzeug ohne Höhenverlust in der Luft zu halten. (Auch diese Leistung wird durch das Produkt aus Gewichtskraft und Eigensinken gebildet. Um den Einfluss der aerodynamischen Güte des Segelflugzeuges griffiger darstellen zu können, wurde in die Formel die Gleitzahl als maßgebende Größe eingeführt. Mit  $w = v / E$  lässt sich das Eigensinken problemlos berechnen.)

Die Leistung, die jetzt noch zur Verfügung steht, kann in Steiggeschwindigkeit umgesetzt werden.

$$v = \frac{P}{(m \cdot g)}$$

, wobei hier berücksichtigt werden muss, dass die Masse von Motor- **und** Segelflugzeug

ist nach oben bewegt werden muss.

Der C42 holt seinen im Vergleich zur Remorquer geringeren Leistungsbedarf v.a. aus dem geringeren Gewicht, wogegen die Dimona vor allem von ihrer aerodynamische Güte, d.h. von ihrem geringeren Eigensinken profitiert. Aus dieser Überlegung kann schon abgeleitet werden, dass wenn der hauptsächliche Anteil der Masse des Schleppzugs von einem schweren Segelflugzeug kommt, die Vorteile eines leichten Schleppflugzeuges nicht mehr zur Geltung kommen.

Für die verschiedenen Schleppflugzeuge eingesetzte Daten:

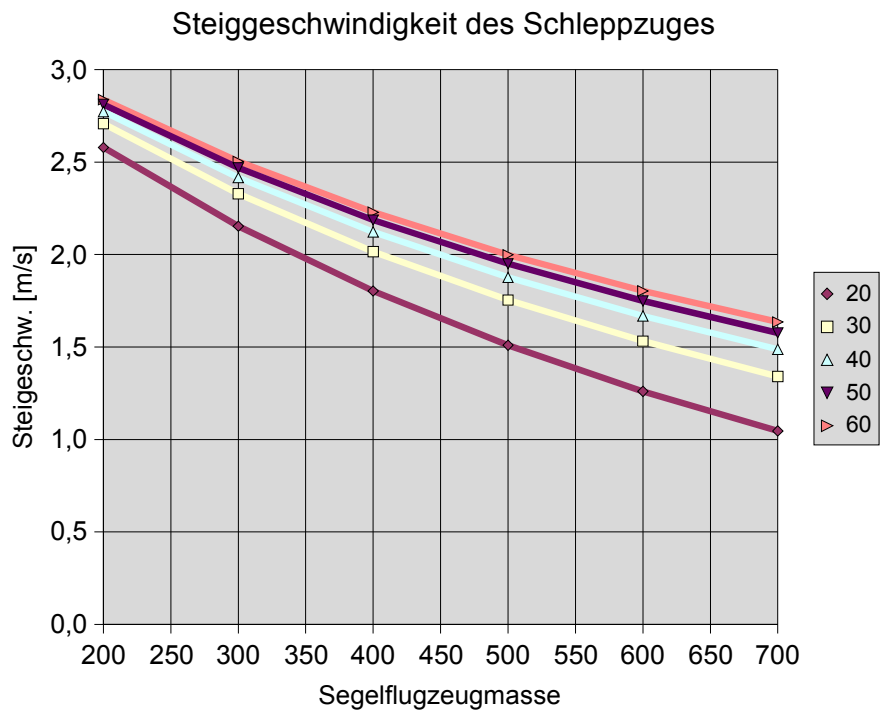
	<b>C42</b>	<b>Dimona</b>	<b>Remorquer</b>
Motorleistung bei Schleppdrehzahl	85 PS (Reisepropeller)	95 PS (max. Dauerleistung)	170 PS (Schlepppropeller)
Abflugmasse	390 kg	680 kg	730 kg
Eigensinken bei Schleppgeschwindigkeit	2,4 m/s	1,2 m/s	3,9 m/s

Der theoretischen Ansatz veranschaulicht die im praktischen Schleppbetrieb gemachten Erfahrung qualitativ und quantitativ.

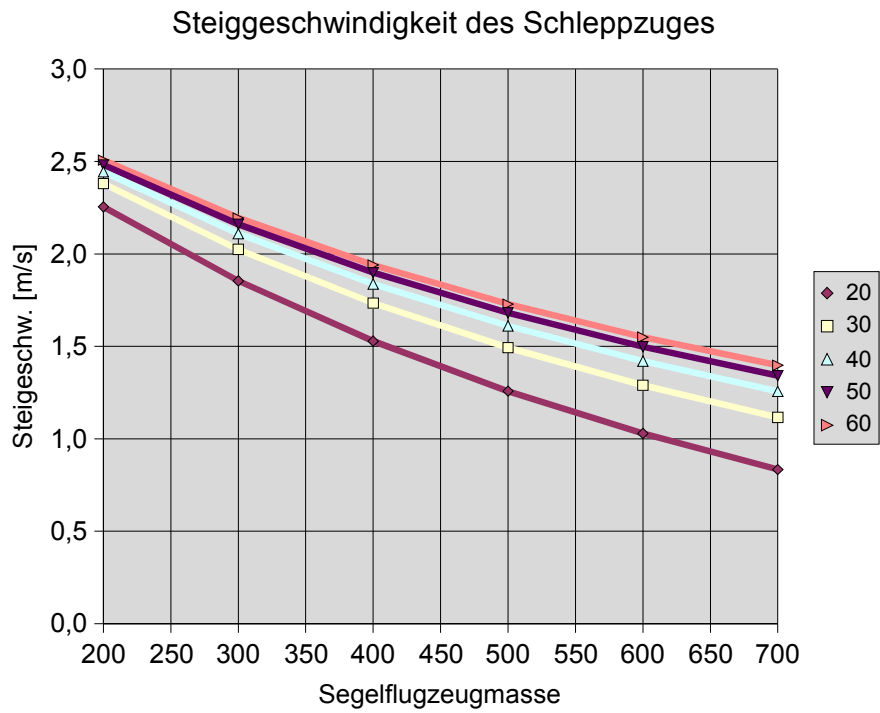
Die im Folgenden gezeigten Diagramme zeigen die Steigleistung des jeweiligen Schleppzuges in Abhängigkeit der Gleitzahl, sowie der Abflugmasse des Segelflugeugs.

Erwartungsgemäß nimmt bei einer schlechteren Gleitzahl bzw. höheren Abflugmasse die Steiggeschwindigkeit des Schleppzuges ab. Besonders beim C42 ist der Einfluss der Masse des Segelflugeuges auf die Steiggeschwindigkeit besonders ausgeprägt.

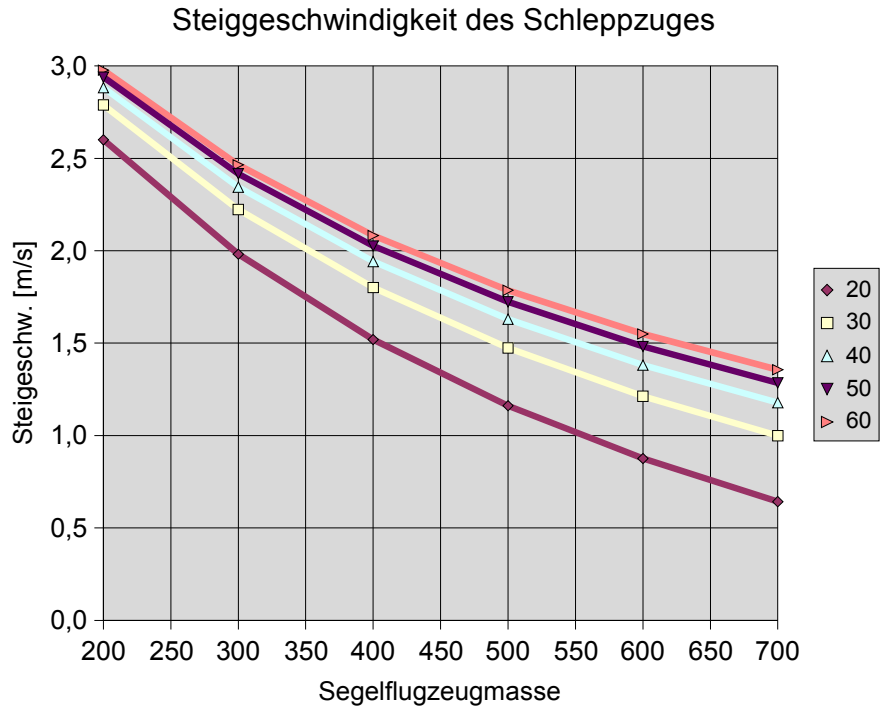
### Remorquer: Steiggeschwindigkeit, abhängig von Segelflugeugmasse und Gleitzahl



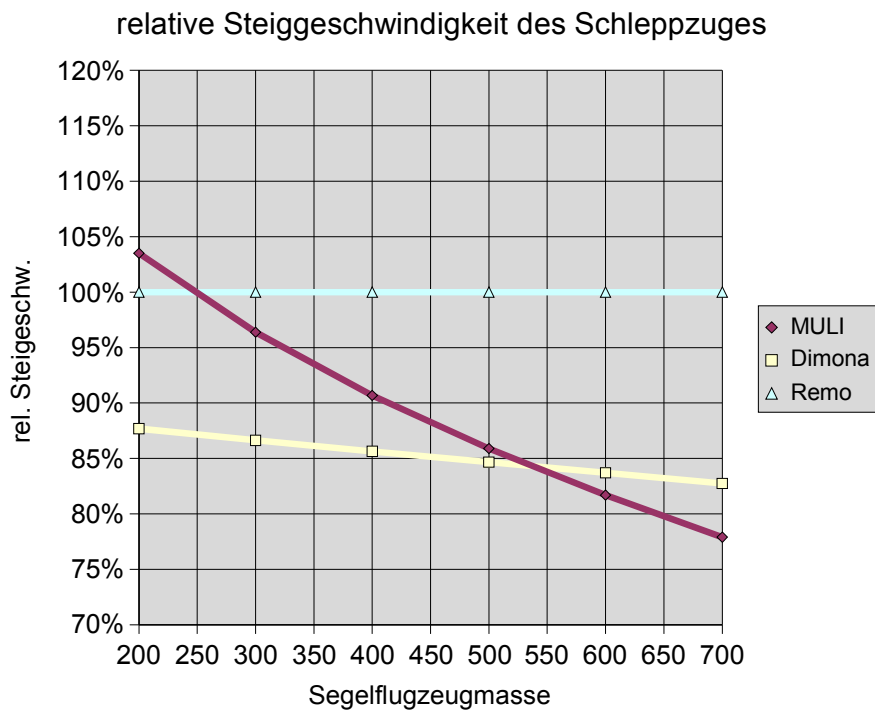
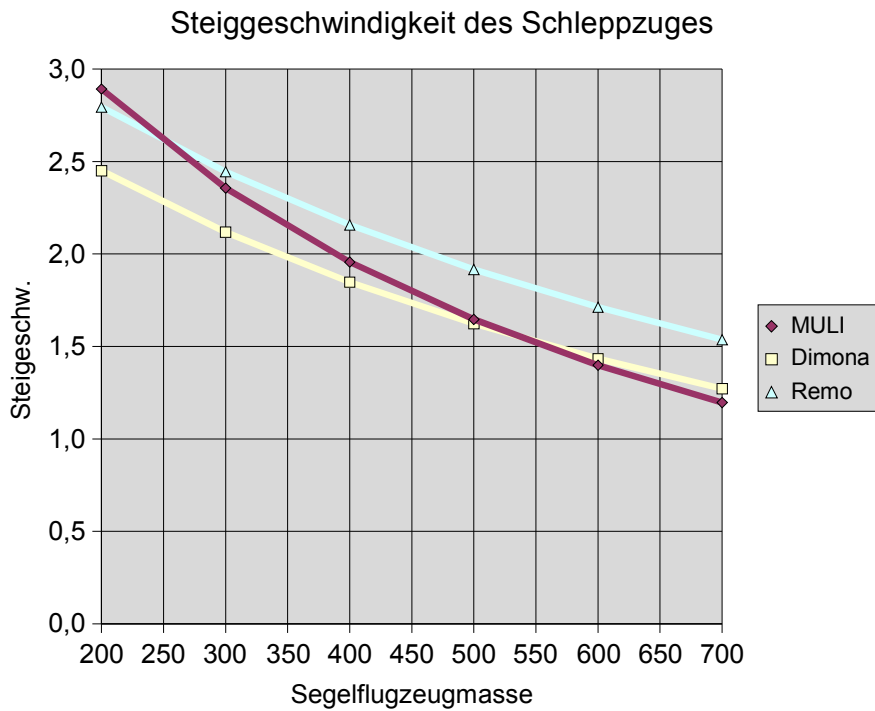
### Dimona: Steiggeschwindigkeit, abhängig von Segelflugzeugmasse und Gleitzahl



### C42: Steiggeschwindigkeit, abhängig von Segelflugzeugmasse und Gleitzahl

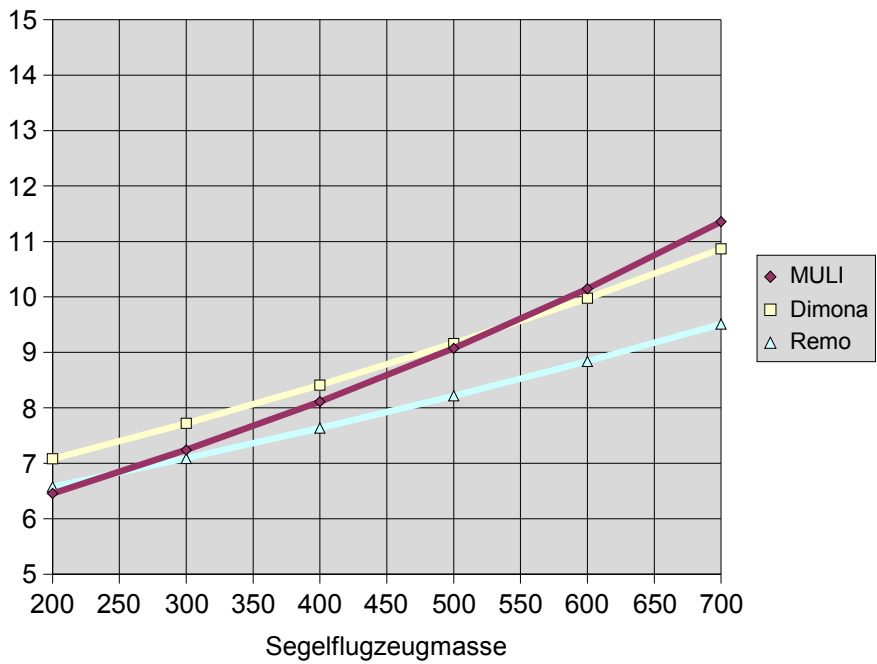


Besonders deutlich wird dieser Effekt, wenn man die Steigleistungen am Beispiel eines Segelfluggzeuges mit der Gleitzahl 38 in einem vergleichenden Diagramm aufträgt.

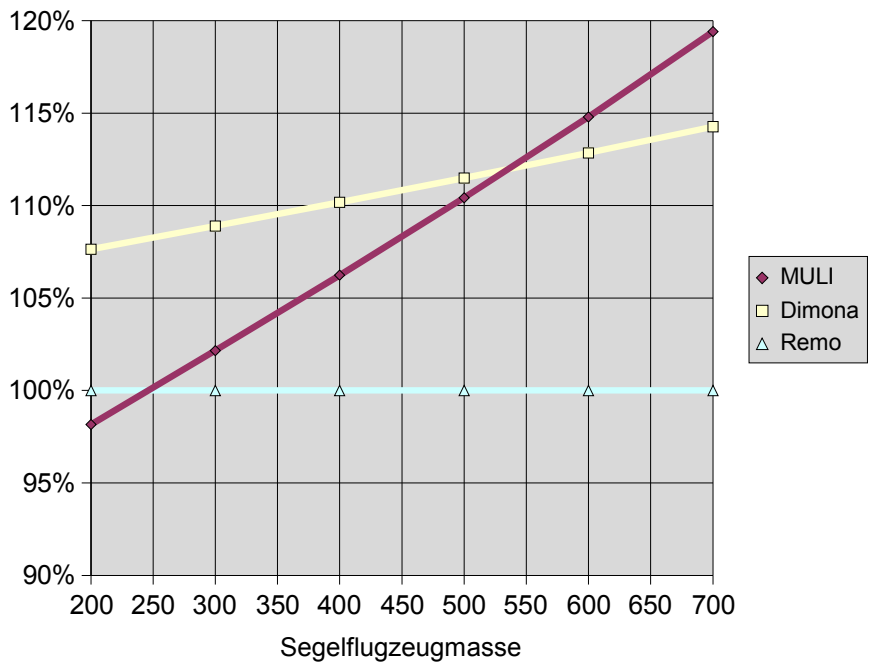


Für die Dauer eines 600 m - Schlepps in ruhiger Luft folgt daraus:

Schleppdauer für 600m Schlepp



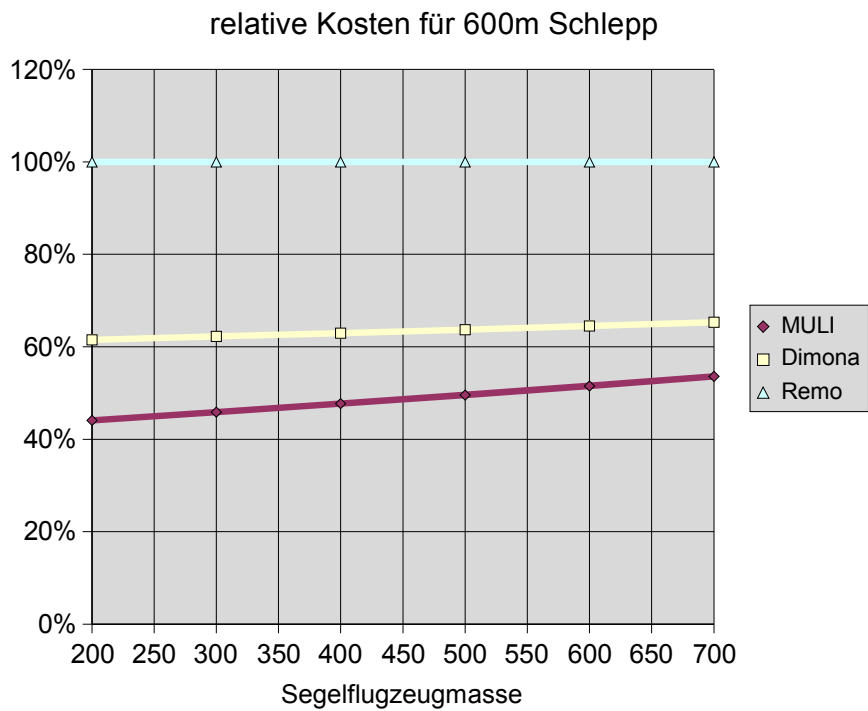
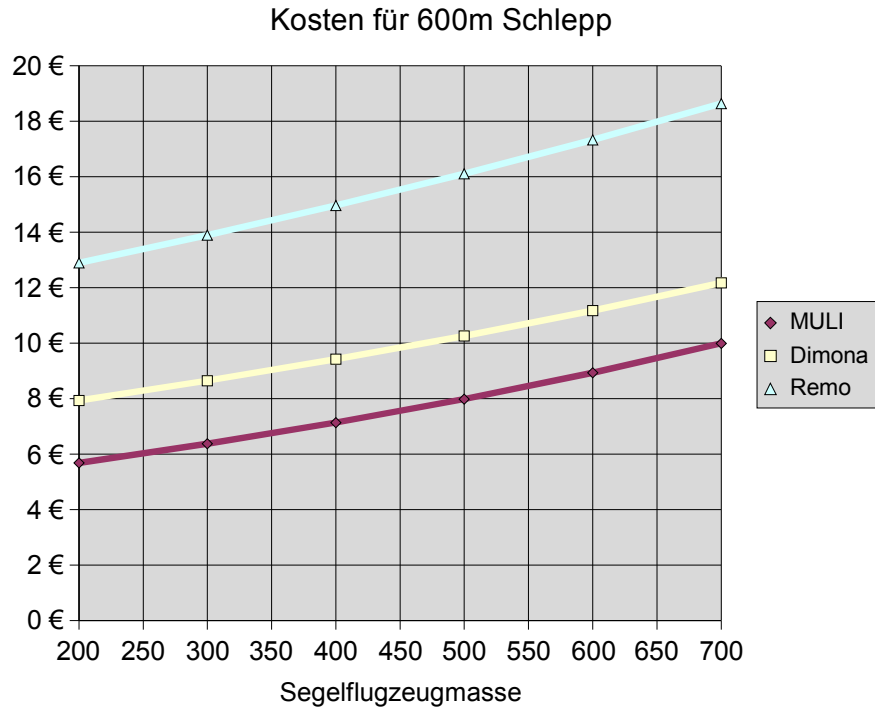
relative Schleppdauer für 600m Schlepp



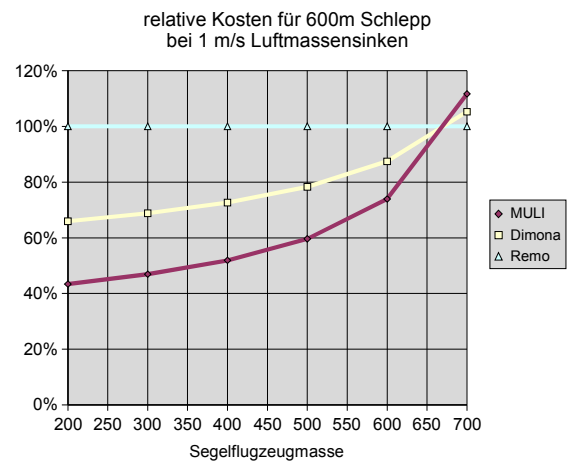
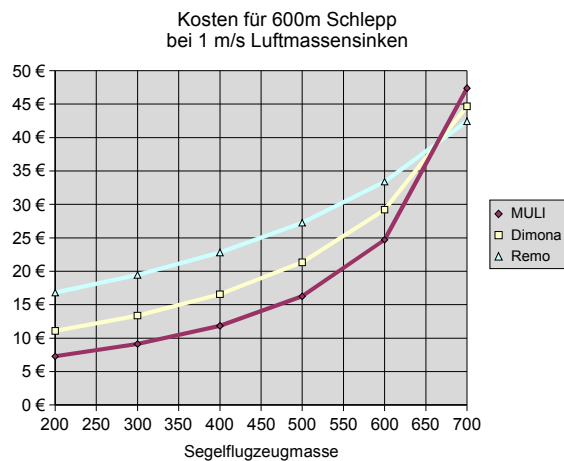
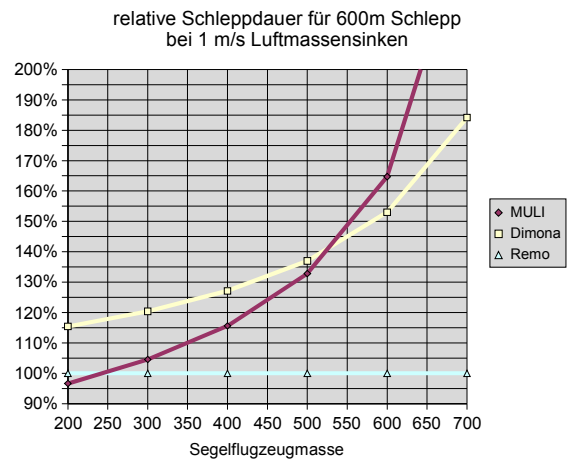
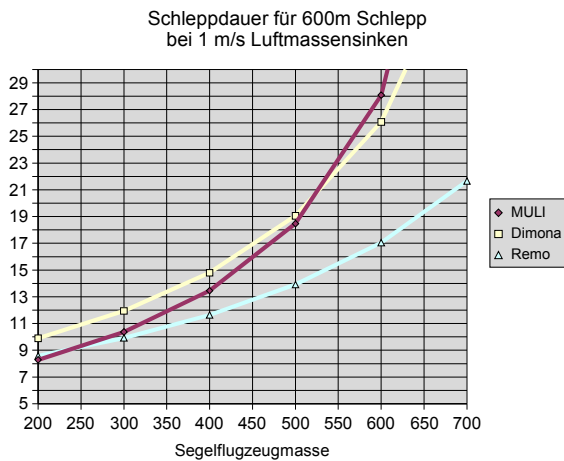
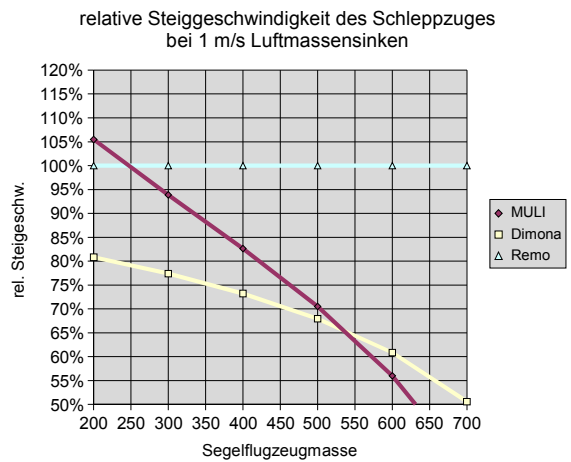
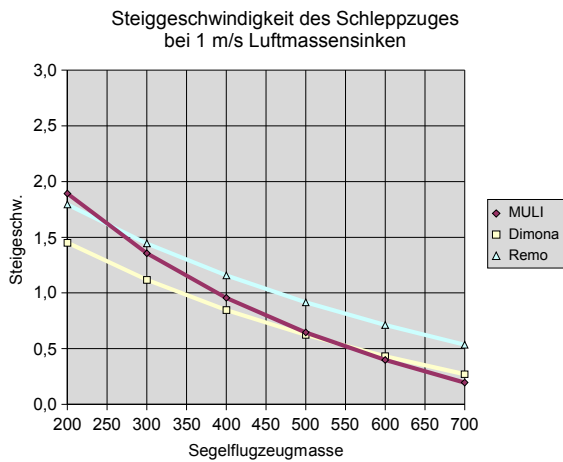
Setzt man die für den F-Schlepp im Moment berechneten Stundensätze ein,

	<i>Remorquer</i>	<i>Dimona</i>	<i>C42</i>
F-Schlepppreis:	1,96 € / min	1,12 €/min	0,88 €/min

so ergibt sich für die Kosten eines Schlepps auf 600 m (in ruhiger Luft) folgender Kostenvergleich:



Leider spiegelt die Betrachtung der Schleppleistung in ruhender Luft die Wirklichkeit nicht vollständig wider. So schneiden Motorsegler und UL bei einem während dem Schleppvorgang durchschnittlichen Luftmassensinken von 1 m/s vor allem bei schweren Segelflugzeugen doch deutlich schlechter ab.



Angemerkt werden muss hier allerdings, dass 1 m/s Luftmassensinken während des gesamten Schleppvorganges doch ein recht ungünstiges, unwahrscheinliches Szenario darstellt. Die Wirklichkeit liegt irgendwo zwischen den in den letzten 4 Diagrammen dargestellten Extremwerten. Der hier dargestellte Effekt erklärt, zusammen mit der geringeren Schleppgeschwindigkeit, jedoch die im Vergleich zum Schlepp mit der Remorquer bei Dimona und C42 doch deutlich häufiger auftretende Phasen mit sehr geringen Steigwerten.



## **Die Schleppgeschwindigkeit:**

Langjährige Erfahrung im F-Schlepp hinter mindestens 180 PS starken Motorflugzeugen verleiten selbst erfahrene Segelflieger dazu, zu glauben, dass es im F-Schlepp immer relativ turbulent ist, und dass unter 130 km/h das ganze recht unangenehm wird.

Hinter einem Motorsegler oder UL sieht das Ganze ganz anders aus. Durch die hinter Motorsegler oder UL wesentlich ungestörtere Luft, fliegt man hinter der Schleppmaschine wie z.B. hinter einem anderen Segelflugzeug in der Thermik. Und das geht ja auch problemlos mit 90 km/h (z.B. LS8 mit 100 l Wasser) oder noch langsamer. Somit ist die Schleppgeschwindigkeit von um die 110 km/h (zumindest ohne Wasserballast) als problemlos einzustufen.

Ganz im Gegenteil. Erfahrungen mit Flugschülern haben gezeigt, dass wenn die F-Schleppausbildung hinter Motorseglern gemacht wurde, diese Schüler große Probleme haben, wenn sie das erste mal mit einer Remorquer geschleppt werden. In der anderen Reihenfolge tritt das Problem überhaupt nicht auf.

## **Zusammenfassung:**

Besonders beim C42 hat die Masse des Segelflugzeuges einen ausgeprägten Einfluss auf die Steigleistung des Schleppzuges.

C42 und Dimona reagieren in ihrer Schleppleistung im Vergleich zur Remorquer deutlich mehr auf Luftmassensteigen bzw. -sinken. Deshalb ist vor allem mit den beiden erstgenannten Schleppflugzeugen verstärkt Wert auf eine günstige Wahl des Flugweges zu achten. Erleichtert wird die Nutzung von Aufwinden allerdings dadurch, dass sowohl mit dem UL als auch dem Motorsegler mit dem Segelflugzeug im Schlepp i.d.R. sehr gut in der Thermik gekreist werden kann. Hier macht sich aber die Hochdeckeranordnung der Flügel beim C42 nachteilig bemerkbar, da die Sicht nach vorne-oben doch recht eingeschränkt ist.

Die Schleppkosten für z.B. einen 600m Schlepp betragen für den C42 bei den oben genannten Minutenpreisen, auch im realen Schleppbetrieb, ca. 40% - 60% derer der Remorquer. Der Schlepppreis mit der Dimona liegt im Bereich von 60% - 70%.

Sowohl UL, als auch Motorsegler stellen zumindest für Segelflugzeuge bis 600 kg Abfluggewicht ohne bzw. mit nur wenig Wasserballast, eine sichere, wirtschaftliche Schleppalternative dar. Beachtet man noch das einfachere Handling (am Boden) des ULs im Vergleich zum Motorsegler (kein Turbolader, kurze Flügel, einfacherer Einstieg), so ist die C42 als das Schleppflugzeug mit dem besten Kosten / Nutzen-Verhältnis zu sehen.