

PRODUKSJON AV PASSASJER-FLY

Morten Simonsen

Vestlandsforskning

03/6/2009

Innhold

Innledning	3
Representative fly for flytrafikk i Tyskland	3
Energibruk og utslipp ved framstilling av materialer til Airbus 320 og Airbus 340-600.....	6

Tabeller

Tabell 1 Flytyper brukt av Lufthansa på innenlands ruter i Tyskland	3
Tabell 2 Flytyper brukt av Lufthansa på internasjonale ruter	4
Tabell 3 Passasjerfly. Vekt i tonn fordelt på ulike materialer.	4
Tabell 4 Materialfordeling for Airbus A320 og Airbus 340-600.....	6
Tabell 5 Energibruk ved produksjon og transport av materialer til Airbus A320	6
Tabell 6 Energibruk ved produksjon og transport av materialer til Airbus A340-600	7
Tabell 7 Utslipp til luft ved produksjon og transport av materialer til Airbus A320.....	8
Tabell 8 Utslipp til luft ved produksjon og transport av materialer til Airbus A340-600	8

Figurer

Figur 1 Energibruk ved produksjon og transport av materialer til Airbus A320	7
Figur 2 Energibruk ved produksjon og transport av materialer til Airbus A340-600.....	8

Innledning

Fly brukes både til transport av passasjerer og gods. Vi skal i dette dokumentet se på produksjon av fly for passasjertrafikk. Vi skal ta utgangspunkt i den tyske databasen ProBas¹.

Vi skal se på energibruk og utslipp til luft ved produksjon av passasjer-fly. I tallene som presenteres er *ikke* energibruk og utslipp ved fabrikanleggene inkludert. Den energibruken og de utslipp som beregnes er for materialene som brukes i fabrikanleggene. Transport av materialene er inkludert. Energibruk måles i primærenergi, det vil si at det tas hensyn til tap av energi og tilførsel av energi ved bruk av ulike energikilder.

Representative fly for flytrafikk i Tyskland

I Probas er det definert to flytyper for passasjertrafikk, et for tysk innenlands-trafikk og et for internasjonal trafikk. Data for flytyper i ProBas er hentet fra TREMOD². Innenlands i Tyskland benyttes 5 ulike flytyper. Tabell 1 viser flytypen, hvor mange fly Lufthansa har av de ulike typene, antall sitteplasser samt vekten til flyet.

Vekt for et fly kan måles på forskjellige måter. Både maksimum take-off vekt, maksimum landingsvekt og operativ vekt med tomt fly er mål på flyets vekt³. Det siste målet er flyets vekt uten passasjerer eller drivstoff⁴, men inklusive mannskap og utrustning som utstyr, mat og drikke⁵. Take-off vekt er den totale vekt som er tillatt når flyet starter take-off på rullebanen. Dette er operativ vekt pluss passasjerer og drivstoff⁶. Landingsvekten er take-off vekt minus drivstoff forbrukt under flyturen⁷.

Tabell 1 Flytyper brukt av Lufthansa på innenlands ruter i Tyskland⁸

	Antall (a)	Sitte- plasser (b)	Maksimum landings- vekt (tonn)	Maksimum take-off- vekt (tonn)	Tom operativ vekt (tonn)	Sitte- plasser totalt c=(a*b)	Veiefaktor c/sum(a*b)
Airbus A321	34	190	75,5	89,0	47,8	6460	0,282
Airbus A320	36	156	64,5	73,5	42,2	5616	0,245
Airbus A319	25	132	61,0	68,0	39,9	3300	0,144
Boeing 737-300	33	127	52,6	57,6	32,9	4191	0,183

¹ ProBas er et samarbeidsprosjekt mellom kontoret for miljøforskning i det tyske Miljøverndepartementet (Umweltbundesamt) samt Öko-Institut, et uavhengig forskningsinstitutt i Freiburg, Tyskland.

² TREMOD er en datastøttet regnmodell for energiforbruk og utslipp fra transport utviklet av Institut für Energie- und Umweltforschung (IFEU) i Heidelberg, Tyskland på oppdrag av UmweltBundesamt (se over).

³ Se http://konzern.lufthansa.com/de/html/ueber_uns/flotte/index.html, http://en.wikipedia.org/wiki/Airbus_A320_family for start og landingsvekt og <http://www.airliners.net/aircraft-data/stats.main?id=94> for operativ vekt med tomt fly.

⁴ Torenbeek, *Synthesis of Subsonic Airplane Design*, <http://books.google.no>, side 270

⁵ http://www.hilmerby.com/fom/proc_speed.html

⁶ Torenbeek, side 271.

⁷ Se http://de.wikipedia.org/wiki/Landing_Weight

⁸ http://konzern.lufthansa.com/de/html/ueber_uns/flotte/index.html. Operativ-vekter på <http://www.airliners.net/aircraft-data/>

Boeing 737-500	30	111	49,9	54,0	32,0	3330	0,145
----------------	----	-----	------	------	------	------	-------

Den siste kolonnen i Tabell 1 er en veiefaktor. Først beregnes totalt antall sitteplasser for hvert fly som antall sitteplasser for ett fly multiplisert med antall fly. Deretter summeres dette over alle fly. Veiefaktoren er hver flytypes andel av totalt sitteplasser over alle fly. Vi kan bruke veiefaktoren til å beregne et gjennomsnittlig fly, målt med sitteplasser eller vekt. Et gjennomsnittlig innenlands fly i Tyskland vil ha 150 sitteplasser med en tom operativ vekt på 40,3 tonn. Det er derfor rimelig å velge Airbus A320 som et representativt fly siden dette flyet kommer nærmest det gjennomsnittlige.

Tabell 2 viser flytyper brukt på internasjonale flyginger av Lufthansa.

Tabell 2 Flytyper brukt av Lufthansa på internasjonale ruter ⁹

Flytype	Antall (a)	Sitteplasser (b)	Maksimum landingsvekt (tonn)	Maksimum take-off-vekt (tonn)	Tom operativ vekt (tonn)	Sitteplasser $c=(a*b)$	Veiefaktor $c/sum(a*b)$
Boeing 747-400	30	344	285,8	394,6	181,0	10320	0,377
Airbus A340-600	23	306	259,0	368,0	177,0	7038	0,257
Airbus A340-300	27	247	190,0	271,0	130,2	6669	0,244
Airbus A330-300	15	221	187,0	233,0	121,9	3315	0,121

Vi veier flytypene på samme måte som i Tabell 1 og kommer fram til at et gjennomsnittlig fly brukt på internasjonale ruter har 296 sitteplasser og veier 160,4 tonn. Av Tabell 2 ser vi at Airbus A340-600 kommer nærmest disse verdiene. Vi velger derfor Airbus A340-600 som et representativt fly for Lufthansas internasjonale flyginger.

I ProBas blir det antatt at flytypene består av to typer materialer, aluminium og hardplast. Tabell 3 viser vekten for de to flytypene som er definert i ProBas fordelt på de to typer materialer.

Tabell 3 Passasjerfly. Vekt i tonn fordelt på ulike materialer.

Passasjerfly. Vekt i tonn.	Innenlands	Internasjonal
Aluminium	55	216
Hardplastikk ¹⁰	6	24
Sum	61	240

Vektene for fly som benyttes i ProBas ligger altfor høyt i forhold til den operative vekt som et representativt fly har for innenlands og internasjonal flyginger i Tyskland. Vi vil derfor bruke verdier for materialbruk for flyene fra Probas, men justere verdiene i forhold til vektene for de to

⁹ http://konzern.lufthansa.com/de/html/ueber_uns/flotte/index.html . Operativ-vekter på <http://www.airliners.net/aircraft-data/>

¹⁰ I databasen kalles dette for PUR-Hartschaum, altså hardt skum laget av PUR eller polyurethane som er et syntetisk stoff. Stoffet kalles også Montageschaum på tysk og blir bukket som tetningsstoff i byggematerialer.

representative flyene vi har valgt ut, Airbus A320 og Airbus A340-600. Vi får da følgende materialsammensetning for disse flyene:

Tabell 4 Materialfordeling for Airbus A320 og Airbus 340-600

tonn	Airbus A320	Airbus A340-600
Total operativ vekt	42,2	177,0
Aluminium	38,1	159,3
Hard-plastikk	4,2	17,7

Airbus produseres i Toulouse, Frankrike, i Hamburg, Tyskland og i Sevilla, Spania. Fra og med 2009 produseres Airbus også i Tianjin, Kina. Vi skal i det følgende bruke tysk elektrisitetsmiks og tyske produksjonsforhold fra ProBas som utgangspunkt for å beregne energibruk og CO2-utslipp for produksjon av materialer til de representative flyene for Lufthansa.

Energibruk og utslipp ved framstilling av materialer til Airbus 320 og Airbus 340-600

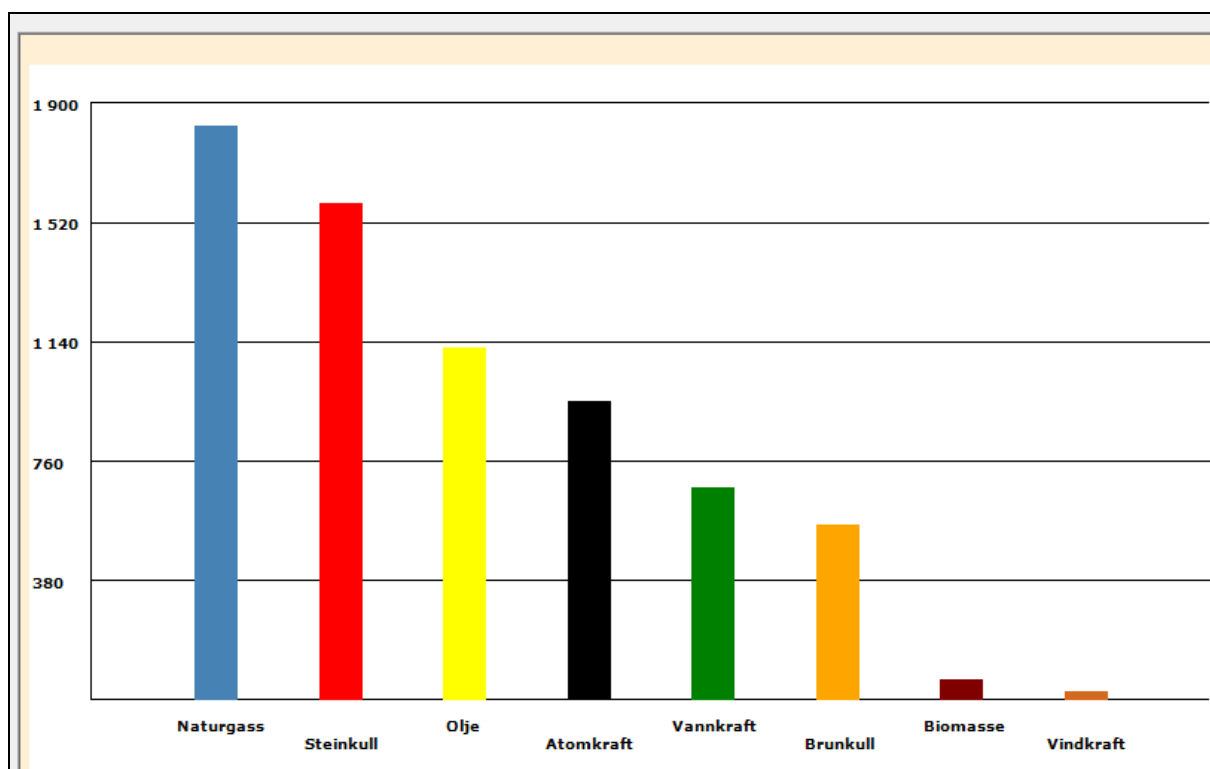
For dokumentasjon av Energibruksfaktorer og utslippfaktorer refererer vi til dokumentasjon andre steder. Med disse faktorene kan vi beregne energibruk og utslipp av CO2-ekvivalenter ved produksjon av Airbus A320 og Airbus A340-600. Tabell 5 viser resultatet.

Tabell 5 Energibruk ved produksjon og transport av materialer til Airbus A320

Airbus A320	Aluminium GJ	Hard-plastikk GJ	Sum
Atomkraft	911	42	953
Biomasse	64	2	66
Brunkull	522	37	559
Naturgass	1 745	85	1 830
Olje	1 059	61	1 120
Geovarme	0	0	0
Avfall	126	12	138
Sekundærråstoff	-7	-13	-21
Solenergi	1	0	1
Steinkull	1 577	5	1 582
Vannkraft	674	2	676
Vindkraft	28	1	28
SUM	6 701	234	6 934

Tabell 5 viser energibruk ved produksjon av Airbus A320. Til sammen forbrukes 6 934 GJ til produksjon og transport av materialer til flyet. Dette fordeler seg med 6 701 GJ til produksjon av aluminium og 234 GJ til produksjon av hard-plastikk.

Figur 1 Energibruk ved produksjon og transport av materialer til Airbus A320



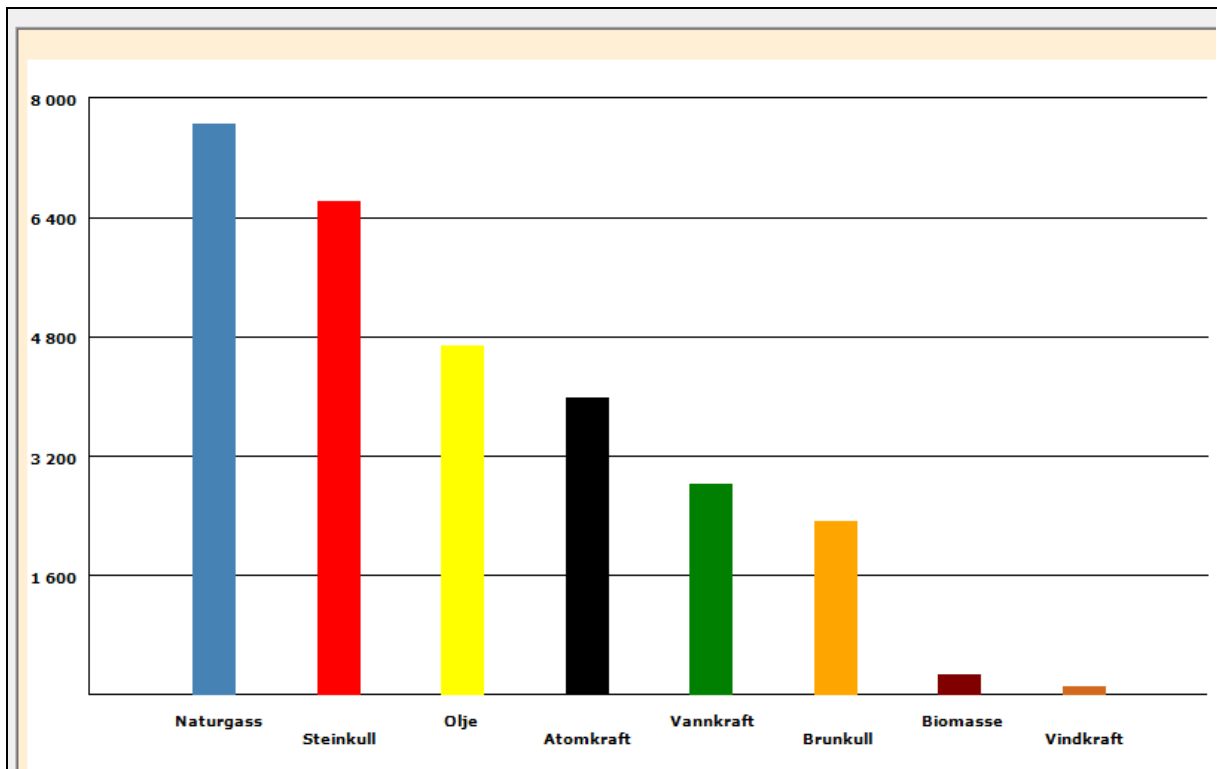
Figur 1 er en grafisk framstilling av sum energiforbruk fra Tabell 5. Vi ser at naturgass og steinkull er de dominerende energikildene og at atomkraft utgjør en større energikilde enn vannkraft.

Tabell 6 Energibruk ved produksjon og transport av materialer til Airbus A340-600

Airbus A340-600	Aluminium GJ	Hard-plastikk GJ	Sum
Atomkraft	3 807	179	3 986
Biomasse	268	7	275
Brunkull	2 182	156	2 338
Naturgass	7 296	359	7 655
Olje	4 429	257	4 685
Geovarme	0	0	0
Avfall	529	50	578
Sekundærråstoff	-30	-57	-87
Solenergi	5	0	5
Steinkull	6 595	21	6 616
Vannkraft	2 820	9	2 828
Vindkraft	115	4	119
SUM	28 016	984	29 000

Tabell 6 viser samme energibruk for Airbus 340-600. Til sammen brukes 29 000 GJ for produksjon av materialer og transport av disse. Av dette brukes 28 000 GJ til produksjon av aluminium.

Figur 2 Energibruk ved produksjon og transport av materialer til Airbus A340-600



Figur 2 er en grafisk framstilling av Tabell 6. Figuren viser samme relative forhold mellom energikilder som Figur 1, men størrelsen på innsatsen av kildene varierer selvfølgelig med materialmengden som benyttes i produksjonen.

Tabell 7 Utslipp til luft ved produksjon og transport av materialer til Airbus A320

Tonn	Aluminium	Hard-plastikk	Sum
Metan (CH ₄)	2,0	0,03	2,0
Karbonmonoksyd (CO)	5,5	0,03	5,6
Karbondioksyd (CO ₂)	480,1	20,08	500,1
N ₂ O (Lystgass)	0,0	0,00	0,0
NMVOG	0,1	0,01	0,1
NOx	1,1	0,04	1,1
CO ₂ -ekvivalenter	643,9	21,0	664,8

Tabell 7 viser utslipp til luft ved produksjon og transport av materialer til Airbus A320. Til sammen slippes det ut nesten 665 tonn CO₂. Av dette kommer nesten 644, altså nesten 97%, fra produksjon av aluminium. Det slippes også ut over 2 tonn metan (CH₄) og over 1 tonn med NOx. Tabell 7 viser også at aluminium er det klart dominerende materialet. For alle utslippskategorier utgjør bidraget fra aluminium mer enn 90%, for 5 utslippskategorier (metan, CO₂, CO, NOx og CO₂-ekvivalenter) er bidraget fra aluminium på mer enn 95% av totale utslipp.

Tabell 8 Utslipp til luft ved produksjon og transport av materialer til Airbus A340-600

Tonn	Aluminium	Hard-	Sum

		plastikk	
Metan (CH ₄)	8,4	0,11	8,5
Karbonmonoksyd (CO)	23,1	0,14	23,2
Karbondioksyd (CO ₂)	2 007,2	84,61	2 091,8
N ₂ O (Lystgass)	0,1	0,00	0,1
NM VOC	0,2	0,02	0,3
NO _x	4,4	0,18	4,6
CO ₂ -ekvivalenter	2 692,2	88,3	2 780,5

Tabell 8 viser samme utslipp for framstilling og transport av materialer til Airbus A340-600. Til sammen slippes det ut nesten 2 800 tonn CO₂-ekvivalenter for produksjon av flyet. Av dette kommer nesten 2 700 tonn fra produksjon av aluminium alene. Det slippes også ut over 8,5 tonn metan og over 4,5 tonn med NO_x. Igjen er det aluminium som er det klart dominerende materialet.