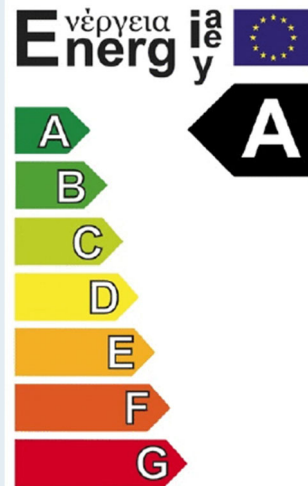


Vortrag:

Wer ist der größere Strom(kosten)-fresser:
Digitaldruck oder Offsetdruck?

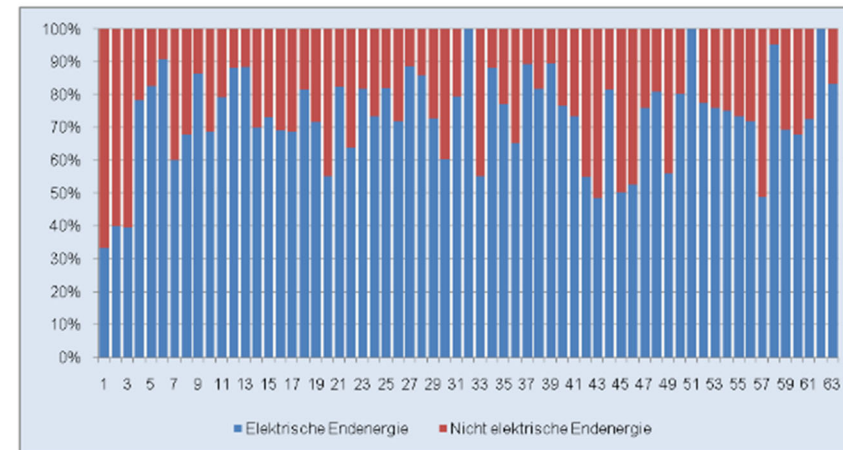


| Agenda

1. Strom ist größer Hebel
2. Stromverbrauch und CO2
3. Licht im Energiebegriffdschungel
4. Einflussgrößen auf die Energieeffizienz
5. Praxisumsetzung der ISO 20690
6. Digitaldruck versus Offset
7. Praxistipps
8. Ausblick: FograCert Energy Monitoring
9. Zusammenfassung

1. Größter Hebel: Elektrische Energie

- Reduzierung der Betriebskosten = Umweltschutz
- 65% der Energiekosten sind Stromkosten (Tendenz steigend: E-Auto & Wärmepumpe)
- 72% der Energiekosten bei Druckbetrieben sind Stromkosten
- Strom ist teuerster Energieträger (€ je kWh)

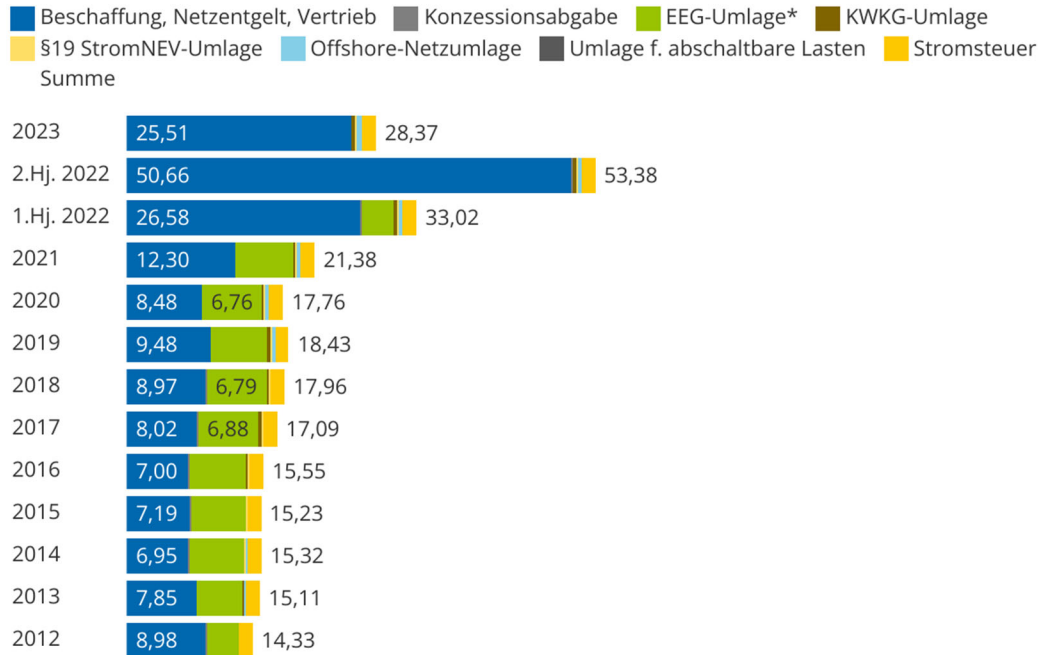


<https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Dossier/energieeffizienz.html>

1. Entwicklung der Strompreise

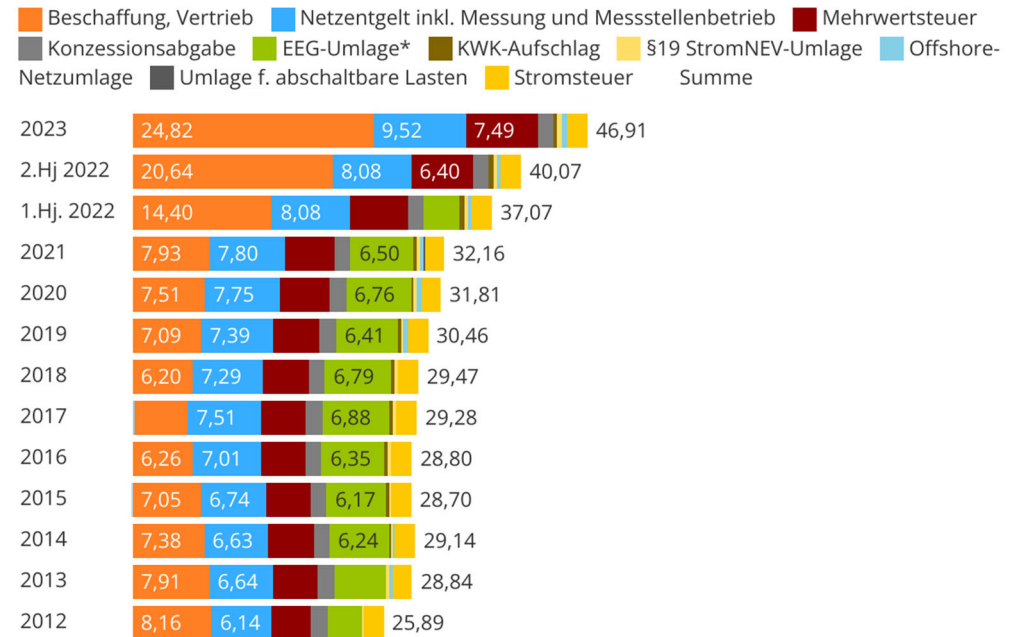
Strompreis für die Industrie (inkl. Stromsteuer)

Durchschnittlicher Strompreis für Neuabschlüsse in der Industrie in ct/kWh (inkl. Stromsteuer), Jahresverbrauch 160.000 bis 20 Mio. kWh, mittelspannungsseitige Versorgung



Strompreis für Haushalte

Durchschnittlicher Strompreis für einen Haushalt in ct/kWh, Jahresverbrauch 3.500 kWh Grundpreis anteilig enthalten, Tarifprodukte und Grundversorgungstarife inkl. Neukundentarife enthalten, nicht mengengewichtet



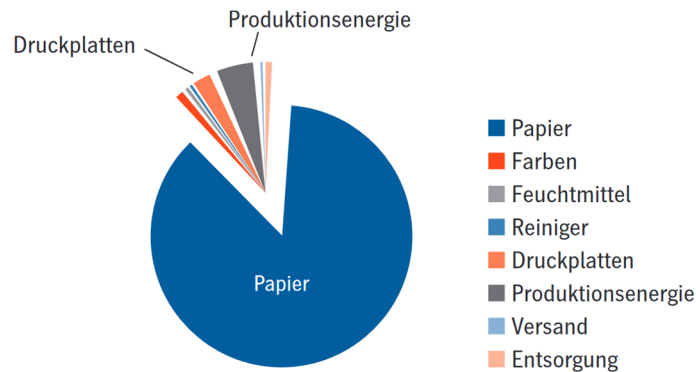
Wer ist der größere Strom(kosten)-fresser: Digitaldruck oder Offsetdruck?

1. Motivation für Druckdienstleister

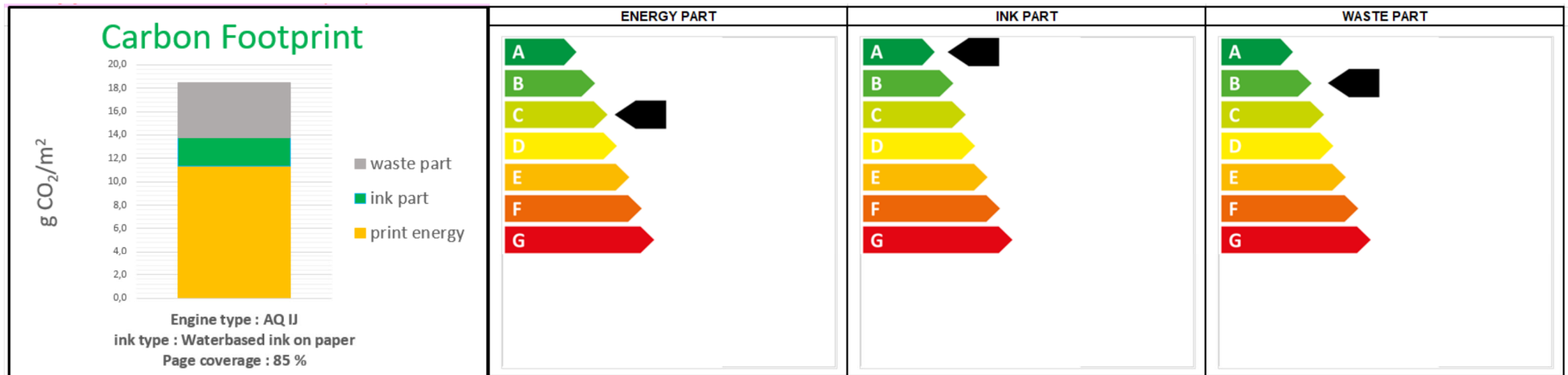
Welche Auswirkungen haben die hohen Energiepreise auf Ihre Druckerei (Druck & Medien 2022)?

- 65,7 % Wir haben Aufträge aufgrund der höheren Kosten verloren.
 - 45,7 % Wir haben Wettbewerbsnachteile gegenüber ausländischen Druckereien.
 - 42,9 % Wir können nicht mehr wirtschaftlich produzieren.
 - 31,4 % Wir können wichtige Investitionen nicht tätigen.
 - 20 % Die Existenz unseres Unternehmens ist gefährdet.
- Kostenreduktion durch optimierten Druckbetrieb
 - Neu- bzw. Ersatzinvestition in effizientere Technik (Förderung)
 - Nachhaltigere Gestaltung des Medienproduktionsprozesses hinsichtlich CO₂e
 - Erfüllung aktueller und zukünftiger gesetzlicher Regelungen
 - Steuersatzermäßigungen, Steuerrückerstattung, Steuerbefreiung
 -

2. Anteil des Stromverbrauchs am CO₂-Anteil?



https://www.hpv-ev.org/upload/profi_tipp_6_oekologie.pdf



Digital printing versus conventional printing & carbon footprint calculator to define sustainable goals, Lode Deprez, 2023, FlintGroup

Wer ist der größere Strom(kosten)-fresser: Digitaldruck oder Offsetdruck?

2. Duschen statt Drucken?

100 Seitige Broschüre 800g

800 g CO₂

DIN A4, 4/4 farbig, Offsetdruck,
170 g/m² Innen, 300 g/m² Umschlag

Heiße Dusche

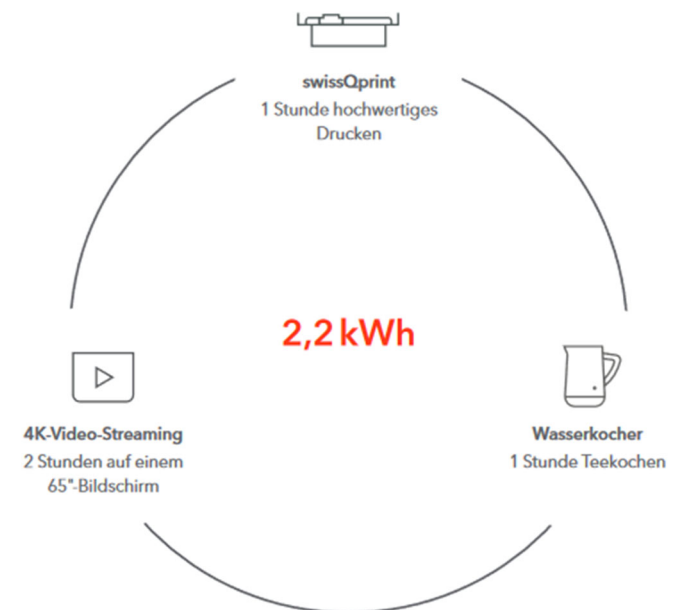
13kg CO₂

Durchschnitt für 13 min



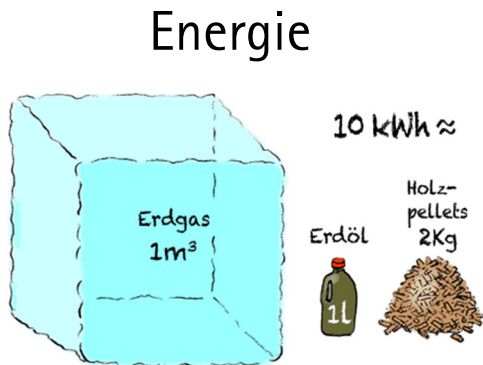
Quelle: Deutscher Drucker Nr. 8 / 2022

Wer ist der größere Strom(kosten)-fresser: Digitaldruck oder Offsetdruck?

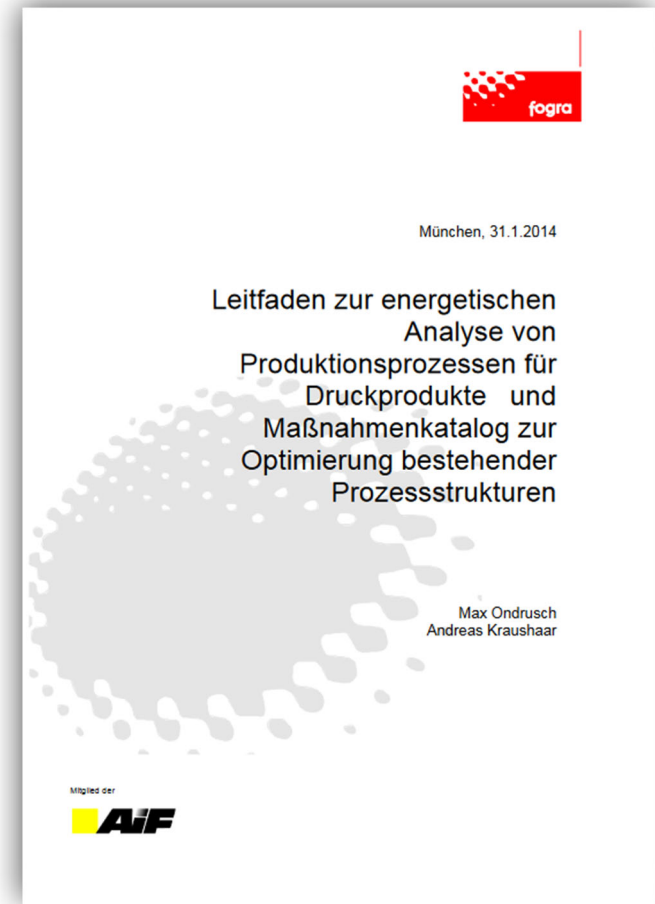


https://assets.swissqprint.com/f/99971/x/d2ab2f144e/greentech_flyer_de.pdf

3. Licht im Begriffsdschungel



<https://www.energie-umwelt.ch/definitionen/1426-energie-leistung-energieeffizienz-wirkungsgrad-und-suffizienz>

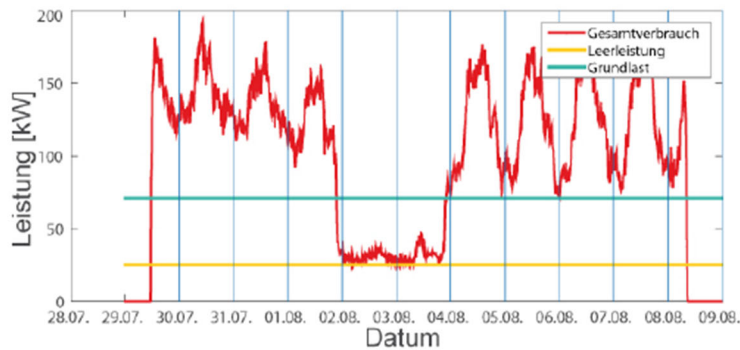


<https://fogra.org/zertifizieren/digitaldruck/energieeffizienz>

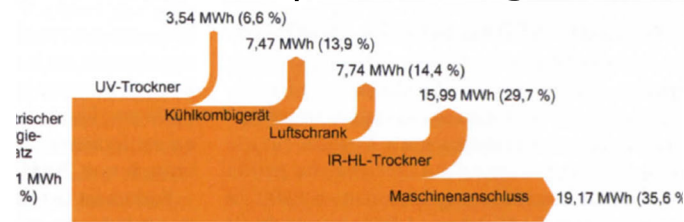
Wer ist der größere Strom(kosten)-fresser: Digitaldruck oder Offsetdruck?

3. Sichtweisen auf den Stromverbrauch

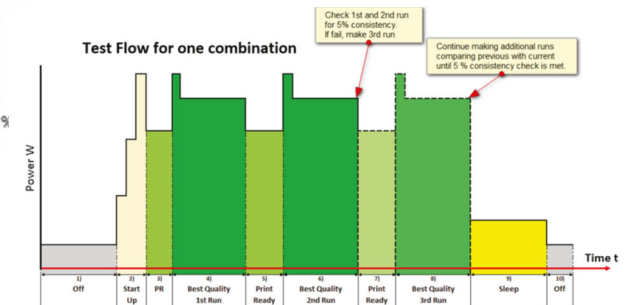
Alle Verbraucher auf einen Blick (Lastgang)



Energetische Gesamtbilanzierung & Prozessoptimierung



Bewertung der gegebenen Energieeffizienz (m^2/kWh) – Voraussetzung für CO₂-Bilanzierung



Wer ist der größere Strom(kosten)-fresser: Digitaldruck oder Offsetdruck?

4. Einflussgrößen auf die Energieeffizienz

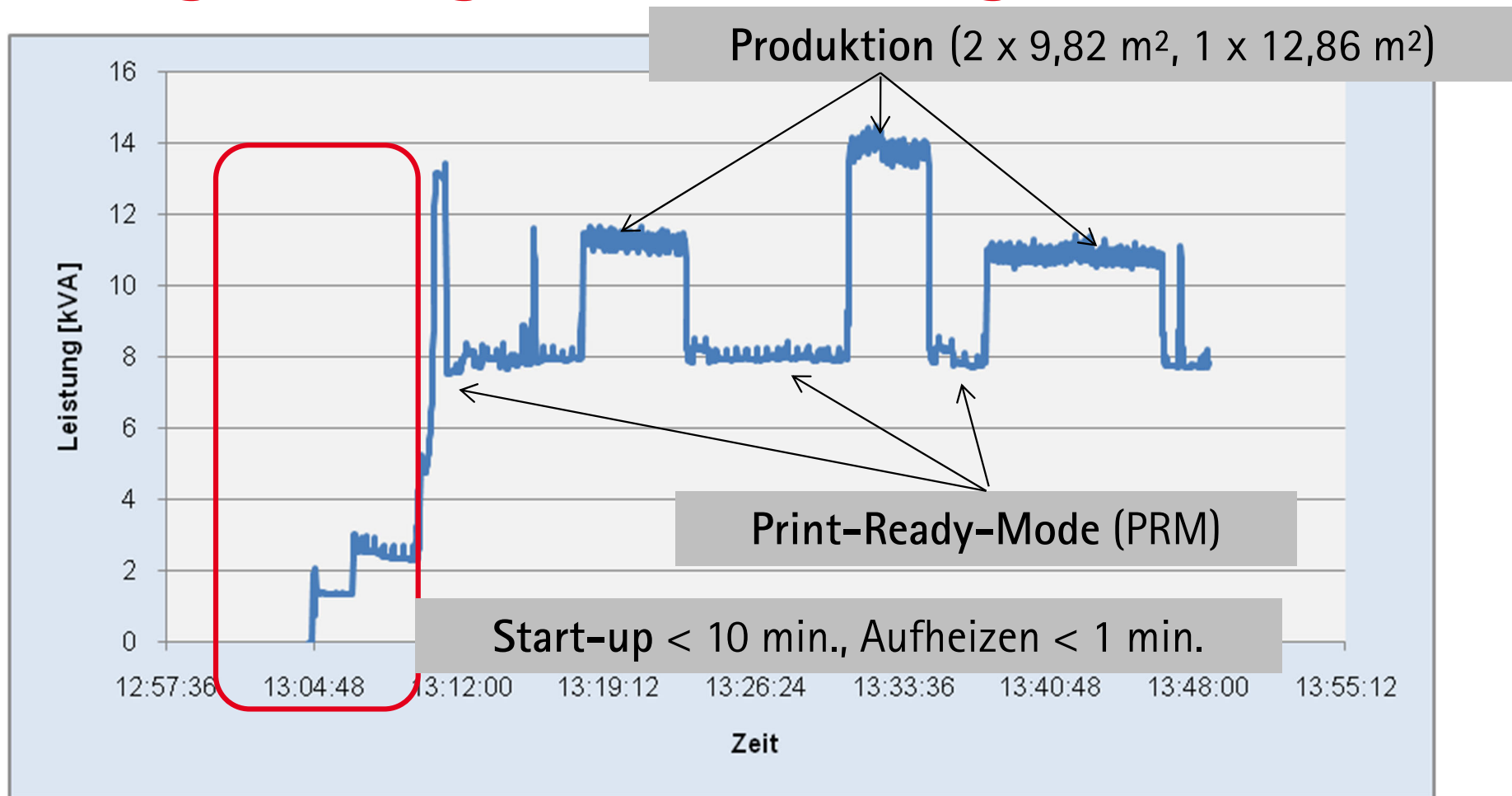
- Vielfalt an Maschinen-konfigurationen, Bahnführungen, Trocknungskonzepten & kunden-spezifischen Lösungen sind Energie- bzw. Leistungswerte schwer vergleich
- Analogie: E-Auto Verbrauch (WLTP-Messung)
- Inkjetdruck: Best Quality \approx Best Productivity
- ISO 20690 und VDMA 8873-1 definieren Vorgaben für Vergleichbarkeit im Digital- und Offsetdruck
- Ziel: Vergleich der Effizienzen & Berechnung der tatsächlichen Energie für flexible Auftragsstrukturen



<https://www.der-postillon.com/2017/05/aepfel-birnen.html>

Wer ist der größere Strom(kosten)-fresser: Digitaldruck oder Offsetdruck?

4. Nötige Kenngrößen: Leistungsaufnahme



Wer ist der größere Strom(kosten)-fresser: Digitaldruck oder Offsetdruck?

4. Nötige Kenngrößen: Gedruckte Fläche (Output)

Gesamtenergieeffizienz : Masse des Produktionsguts pro eingesetzter Energiemenge. Als Produktionseinheit gilt das Kilogramm oder die Tonne erzeugtes Druckgut.

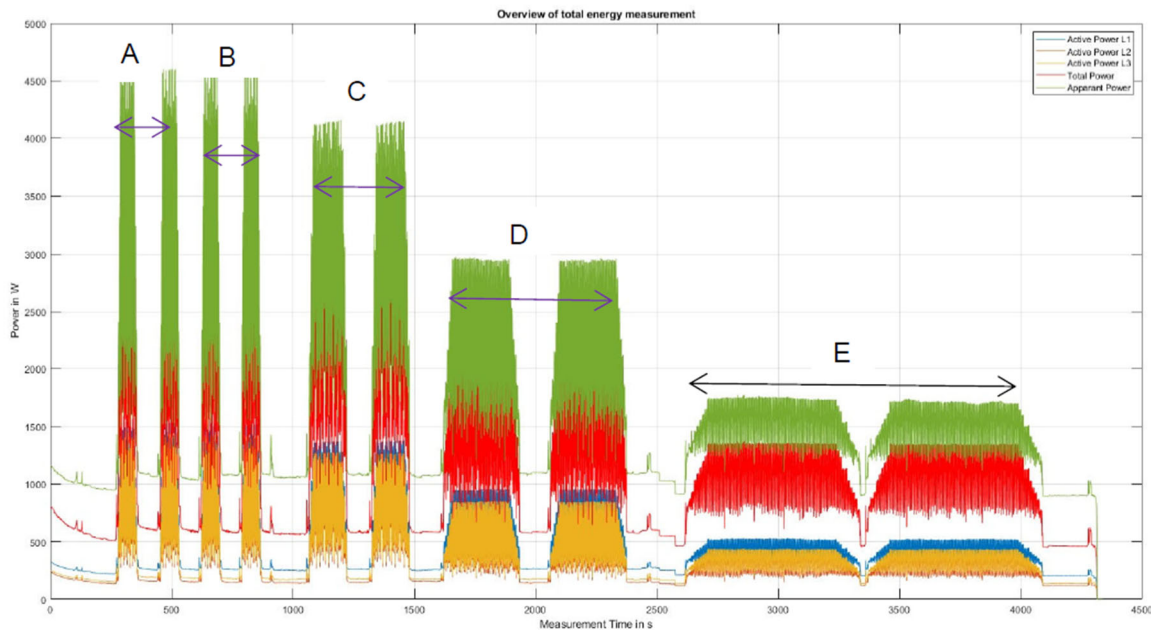
$$\text{Gesamtenergieeffizienz} \left[\frac{T}{kWh} \right], \left[\frac{kg}{kWh} \right] = \frac{\text{Masse des Produktionsguts } [T], [kg]}{\text{Gesamtenergieeinsatz } [kWh]}$$



Anlagentyp	Beschreibung	Einheit
CtP-Belichter	Menge an Druckplatten (Stückzahl [st] oder Fläche [m ²]), die pro Kilowattstunde [kWh] belichtet werden kann	$\frac{st}{kWh}$; $\frac{m^2}{kWh}$
CtP-Entwickler	Menge an Druckplatten (Stückzahl [st] oder Fläche [m ²]), die pro Kilowattstunde [kWh] entwickelt werden kann	$\frac{st}{kWh}$; $\frac{m^2}{kWh}$
Einbrennöfen	Menge an Druckplatten (Stückzahl [st] oder Fläche [m ²]), die pro Kilowattstunde [kWh] eingebrannt werden kann	$\frac{st}{kWh}$; $\frac{m^2}{kWh}$
Bogenoffsetdruckmaschinen	Menge an Druckbogen (Stückzahl [bg]) die pro Kilowattstunde [kWh] bedruckt werden kann	$\frac{bg}{kWh}$
Rollenoffsetdruckmaschinen	Papierbahnlänge (in Metern [m]) die pro Kilowattstunde [kWh] bedruckt werden kann	$\frac{m}{kWh}$
Kleinformatiger Digitaldruck	Anzahl der Seiten (z. B. Format A4, „simplex“), die pro kWh gedruckt werden kann.	$\frac{s}{kWh}$
Großformatiger Digitaldruck	Anzahl der Quadratmeter, die pro kWh gedruckt werden kann.	$\frac{m^2}{kWh}$
Endlosoffsetdruckmaschinen	Papierbahnlänge (in Metern [m]) die pro Kilowattstunde [kWh] bedruckt werden kann	$\frac{m}{kWh}$
Druckweiterverarbeitungs- maschinen⁹	Anzahl der Fertigungstakte [tk] oder verarbeiteten Exemplare [ex] pro Kilowattstunde [kWh]	$\frac{tk}{kWh}$; $\frac{ex}{kWh}$

Wer ist der größere Strom(kosten)-fresser: Digitaldruck oder Offsetdruck?

5. Praktische Umsetzung: swissQprint Kudu



Certificate of accomplishment



The digital press:

Kudu

from

swissQprint
Schützenwiese 8
9451 Kriessern
Switzerland

has been positively tested against the rigorous requirements stipulated in ISO 20690 for outstanding energy efficiency.

ISO 20690:2018 provides requirements and recommendations for measuring the electricity consumption of small and wide format digital production presses printing in different modes of operation.



Energy efficiency | 35124

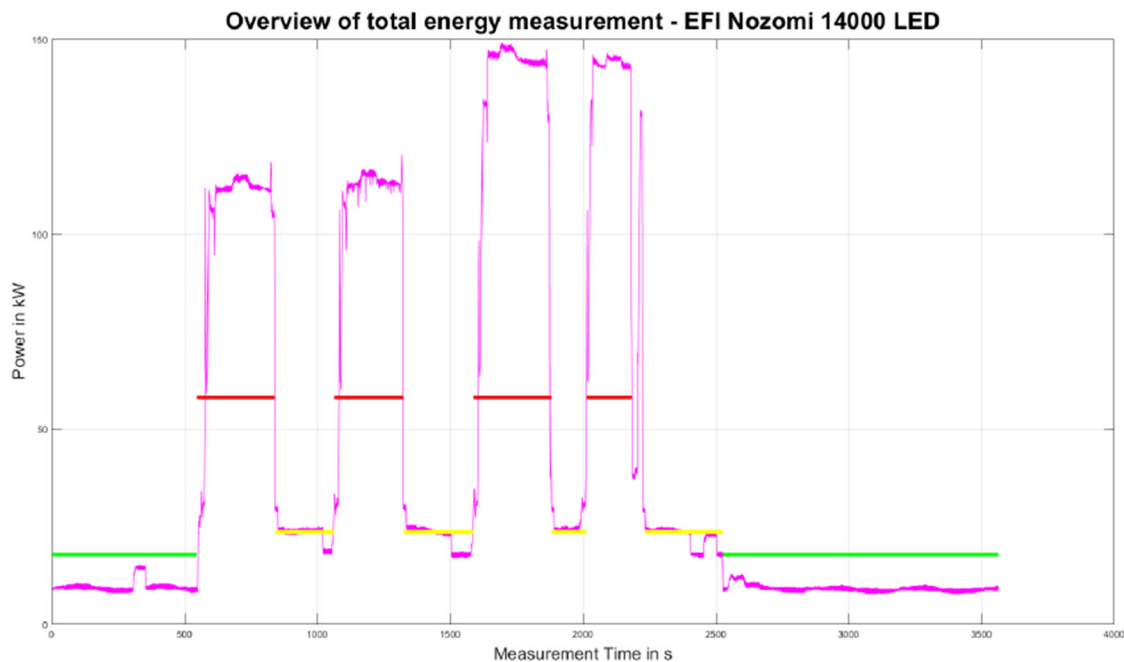
The calculated average power consumption and the resulting energy efficiency values for the tested combinations are defined in ISO 20690 Annex A (Application Data Sheet). Based on the available datasets in this class, the energy efficiency of the "Kudu" can be attributed as top in class. All details can be found in the corresponding Fogra report No. 35124.

Manufacturer	Printer	Test Form	Colour					
swissQprint	Kudu	Fogra A3	4C / 6C					
Average Power Consumption (W)			Energy Efficiency (m ² /kWh)					
Print-Ready	Sleep	OFF	Suppl. Setup	"BP"	"BP-4C"	"BQ/BP-1"	"BQ/BP-2"	"BQ"
560 ± 15	N/A	20	700 ± 62	102	103	55	40	28

Munich, 2022-12-05

Wer ist der größere Strom(kosten)-fresser: Digitaldruck oder Offsetdruck?

5. Praktische Umsetzung: EFI Nozomi C14000LED



Certificate of accomplishment



The digital press
 EFI Nozomi C14000 LED DeltaSPC 130
 from
 EFI CRETAPRINT S.L.U.

Pol. I. Supoi-8, Ibers 54
 12550 Almazora (Castellon)
 Spain

has been positively tested against the rigorous requirements stipulated in ISO 20690 for outstanding energy efficiency.

ISO 20690:2018 provides requirements and recommendations for measuring the electricity consumption of small and wide format digital production presses printing in different modes of operation.



Energy efficiency | 35181

The calculated average power consumption and the resulting energy efficiency values for the tested four combinations as defined in ISO 20690 Annex A (Application Data Sheet). Based on the available datasets in this class, the energy efficiency of the "DeltaSPC 130" can be attributed as top in class. All details can be found in the corresponding Fogra report 35181.

Manufacturer		Printer	Test Form (tonal coverage)		Colour	
EFI CRETAPRINT		Nozomi C 14000	Fogra Λ3 (119 %)		4C/5C	
Average Power Consumption (kW)			Energy efficiency (m²/kWh)			
Print-Ready coated off	Print-Ready coated on	Standby („Zero“)	"BQ1"	"BQ2"	"BP1"	"BP2"
18 ± 0.7	23 ± 2.8	8.8 ± 1	22	58	57	26

Wer ist der größere Strom(kosten)-fresser: Digitaldruck oder Offsetdruck?

5. Praktische Umsetzung: HPI 200K



Certificate of accomplishment

The digital press:
HP Indigo 200K
 from
HP-Indigo Ltd

PO Box 150
 Rehovot 7610101
 Israel

has been positively tested against the rigorous requirements stipulated in ISO 20690 for outstanding energy efficiency.

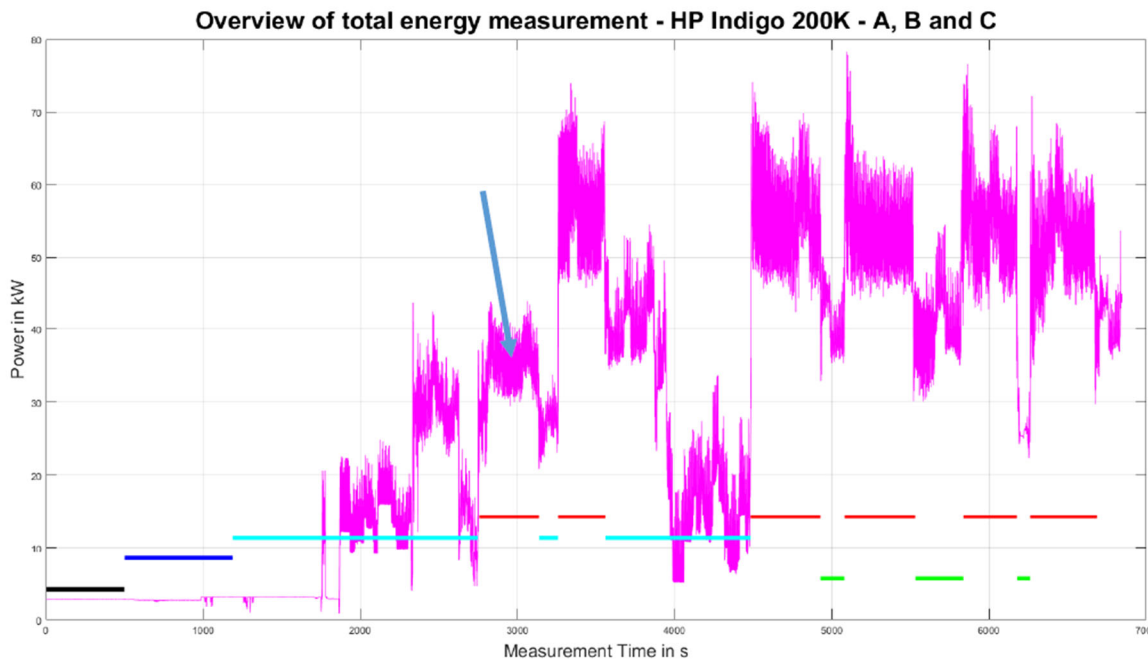
ISO 20690:2018 provides requirements and recommendations for measuring the electricity consumption of small and wide format digital production presses printing in different modes of operation.



Energy efficiency | 34657

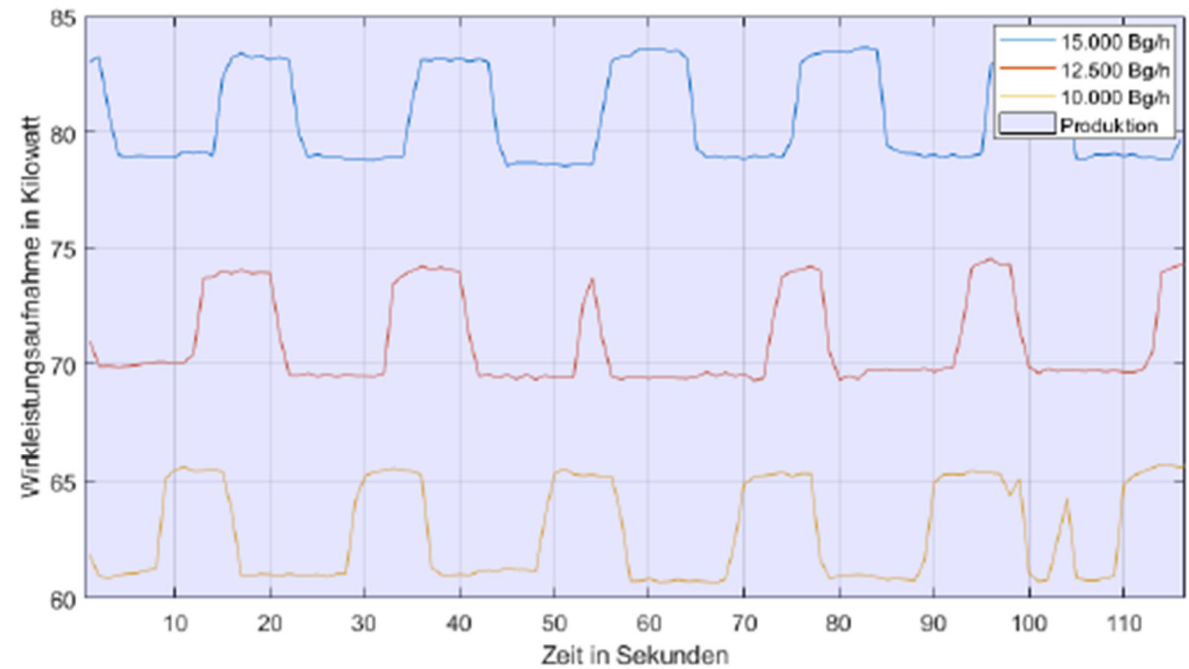
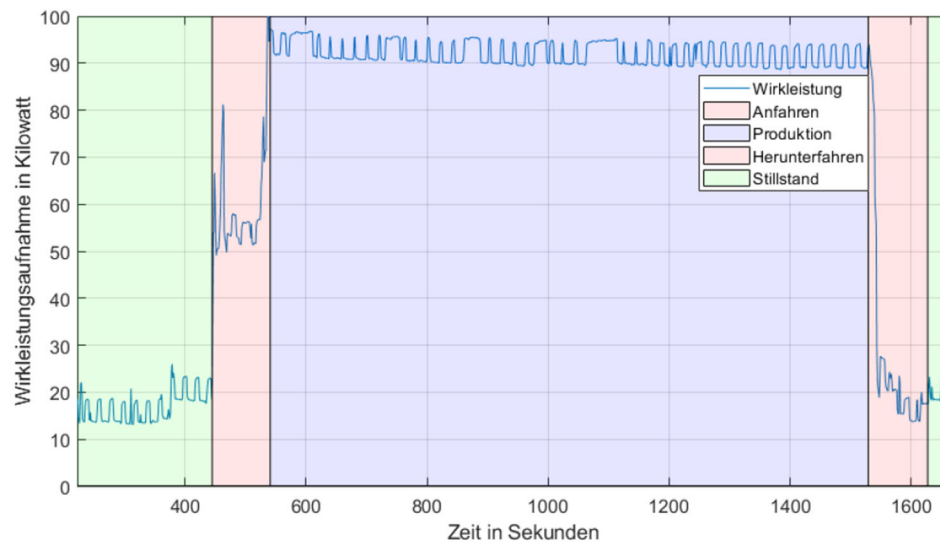
The calculated average power consumption and the resulting energy efficiency values for the tested six combinations as defined in ISO 20690 Annex A (Application Data Sheet). Based on the available datasets in this class, the energy efficiency of the "HP Indigo 200K" can be attributed as top in class. All details can be found in the corresponding Fogra report 34657.

Manufacturer		Printer		Test form			Colour		
HP Indigo		200K		Fogra A3			3, 4, 5 Et 7 C		
Average Power Consumption (kW)				Energy efficiency (m ² /kWh)					
Print-Ready	Sleep	OFF	Suppl: Setup	BP1 3 C	BQ 4 C	BQ 7 C	BP2 4 C	BQ3 5 C	BQ4 7 C
39 ± 2	26 ± 3	12.9	61 ± 49	25	19	13	24	15	13



Wer ist der größere Strom(kosten)-fresser: Digitaldruck oder Offsetdruck?

5. Praktische Umsetzung: CD74-5 in der Fogra



Einfluss verschiedener Materialkombinationen, Druckparameter und Betriebszustände auf die Leistungsaufnahme einer konventionellen Bogenoffsetdruckmaschine, A. Schwengler, 2023

Wer ist der größere Strom(kosten)-fresser: Digitaldruck oder Offsetdruck?

5. Details im Application Data Sheet

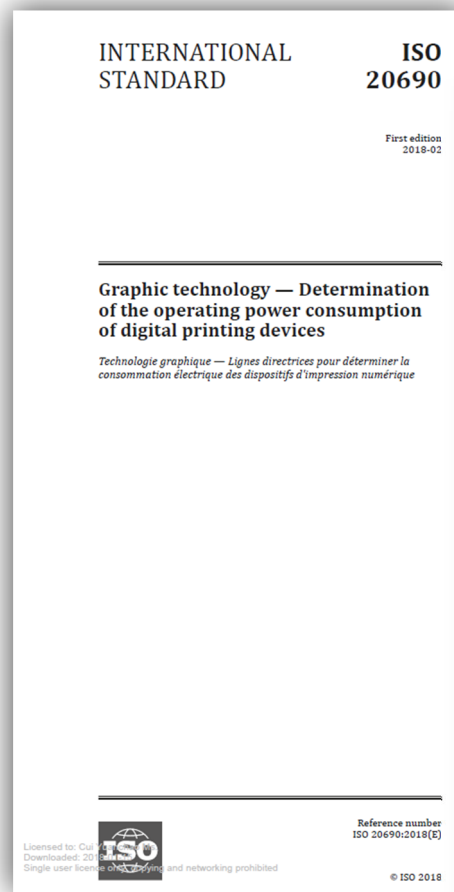
- Details der Messung und Berechnung werden erfasst
- Tatsächliche Druckbedingung und Erfassung zentraler Verbraucher (z.B. Druckluft)
- Gehören ins technische Datenblatt

Operating power consumption of digital printing devices per ISO 20690: EFI Nozomi C14000LED											
manufacturer		EFI Cretaprint			Maximum paper format		2500x1400				
printer model name		Nozomi C14000LED			year of manufacture		Jul-21				
print method (EP/IJ)		IJ			operational hours (counter in m)						
Process colours		6 (White, CMYK, 0)			Digital front end (RIP)		Fiery F3300				
power source, phase (1/3), Hz, voltage		3 Phase, 50 Hz, 380 - 400 V			Attached pre and post processing units		Coater (roll to roll)				
Connection points (together covering all units required for printing)											
	main printing unit	paper feeder unit	paper delivery unit	digital front end (RIP)	Viewing station	Further units (compressor etc)	External units				
							not directly attributed to the printing system	directly attributed to the printing system, but depending on outside temperature			
Main switch	X	X	X	X	X						
Machine combination/configuration (device + substrate + print mode) + test form											
	Device configuration				Paper			Print mode		Test form	
	simplex/duplex	Additional equipment	process colorants	External Units that can't be attributed directly	substrate (size, weight)	Quality settings	imaging resolution (dpi)	Further information	test form (tonal coverage / imposition rate)		
A	"B0" coated	Simplex	coater	CMYK, 0	none	Kemi	Quality Mode, 50 m/min	360x360	4 greyscale	Fogra Testform A3	0.96
B	"B0" uncoated	Simplex	none	CMYK, 0	none	Kraft white	Quality Mode, 70 m/min	360x360	4 greyscale	Fogra Testform A3	0.96
C	"B0" uncoated	Simplex	none	CMYK	none	Kraft white	70 m/min	360x360	4 greyscale	Fogra Testform A3	0.96
D	B0/BP coated	Simplex	coater	CMYK	none	Kemi	70 m/min	360x360	4 greyscale	Fogra Testform A3	0.96
Supported non printing modes											
Off		Print Ready				Sleep					
Yes		Yes				Yes					
Measurement device(s) used											
	Model		Type	Manufacturer	Age	test/calibration certificate (valid date)					
Device 1	Model1: C.A 8332		Power quality analyser	Chauvin Arnaud	5	2023					
Colour accuracy (no compliance necessary - for information only)											
	Paper ΔE	Mean ΔE	Max ΔE	ΔL Primaries	ΔG composed grey	Comments					
A	5.8	4.5	8.5	5.4	6.4	Reference: FOGRA39					
B				5		Reference: FOGRA52					
C	5	5.6	7.6	6.1	4.8	Reference: FOGRA52					
D	5.7	5.4	7.9	6.4	5.5	Reference: FOGRA39					
Ambient conditions											
Temperature					Relative Humidity						
External units used											
wherein External (Cooling) Unit	At actual outside temperature (1 °C)				Estimated value at 10 °C			Estimated value at 20°C			
Average W	N.A.				N.A.			N.A.			
units that are required for printing but can't be attributed directly to the printing press(e.g. centralized pressure unit)					estimated power consumption			method used for estimation			

Wer ist der größere Strom(kosten)-fresser: Digitaldruck oder Offsetdruck?

6. Digital versus Offset: Grundlagen

- Messtechnische Ermittlung nach ISO Regeln
- ISO 20690 auch auf Offset anwendbar
- Hilft im Dialog zwischen Maschinenhersteller und Anwender, Daten zur Leistungsaufnahme, deren Einflussgrößen und wichtige Zusammenhänge nachvollziehbar darzustellen und zu verstehen
- Abgestimmte Kennziffern sind Ausgangspunkt für Umwelt- und Energiemanagementsysteme



VDMA-Einheitsblatt		November 2011
Richtlinie zur Ermittlung der betriebsspezifischen Leistungsaufnahme von Bogenoffsetdruckmaschinen Teil 1: Druckmaschinen mit oder ohne Bogenwendeinrichtung, konventionell		VDMA 8873-1
ICS 37.100.10		
Inhalt		
	Seite	
Vorwort.....	2	
Einleitung.....	2	
1 Anwendungsbereich.....	2	
2 Normative Verweisungen.....	3	
3 Begriffe.....	3	
4 Rahmenbedingungen für die Durchführung der Messung.....	5	
4.1 Zustand/Alter/Konfiguration der Maschine.....	5	
4.2 Anschlussparameter.....	5	
4.3 Druckbedingungen.....	5	
4.3.1 Testform.....	5	
4.3.2 Bedruckstoff.....	6	
4.3.3 Druckbogenformat.....	6	
4.3.4 Druckfarben und Färbung.....	6	
4.3.5 Lackierung.....	6	
4.3.6 Raumklima.....	6	
4.3.7 Maschineneinstellung.....	7	
4.3.8 Trockereinstellung.....	7	
4.4 Messbedingungen.....	7	
4.4.1 Messgeräte.....	7	
4.4.2 Messstellen.....	7	
4.4.3 Messgrößen.....	7	
4.4.4 Abtastrate.....	7	
5 Messzyklus.....	8	
6 Durchführung der Messung.....	8	
7 Zuordnung der Messwerte zu den Komponenten.....	8	
8 Dokumentation der Messergebnisse und der Rahmenbedingungen.....	8	
8.1 Allgemein.....	8	
8.2 Darstellung der Leistungswerte.....	8	
Anhang A Messblatt.....	10	
Anhang B.1 Beispiel für Testform Energiemessung, Druckformat 50 x 70 cm, alle Farbauszüge.....	12	
Anhang B.2 Beispiel für Testform Energiemessung, Druckformat 50 x 70 cm, Schwarz, Cyan, Magenta, Gelb.....	13	
Anhang B.3 Beispiel für Testform Energiemessung, Druckformat 50 x 70 cm, S_Schwarz, S_Cyan, S_Magenta, S_Gelb.....	14	
Anhang B.4 Beispiel für Testform Energiemessung, Druckformat 65 x 92 cm, alle Farbauszüge.....	15	
Anhang B.5 Beispiel für Testform Energiemessung, Druckformat 65 x 92 cm, Schwarz, Cyan, Magenta, Gelb.....	16	
Anhang B.6 Beispiel für Testform Energiemessung, Druckformat 65 x 92 cm, S_Schwarz, S_Cyan, S_Magenta, S_Gelb.....	17	
Fortsetzung Seite 2 bis 17		
Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA)		

6. Vergleich: Digital versus Offset

- Einsatzgebiet ähnlich (z.B. nicht wasserbasiert mit UV-Druck vergleichen)
- Testbedingungen ähnlich (am besten ISO 20690)
- Vergleichbarkeit der Prozessgrößen: Druckformat, Druckgeschwindigkeit
- Für dieses Beispiel: Bezugsgröße A4

Digitaldruck

- ↪ Tonersystem
- ↪ $V_{\max} = \text{ca. } 60 \text{ A4/min.}$
- ↪ Druckformat A4
- ↪ 4C, einseitiger Druck
- ↪ Bedruckstoff: 90 g/m^2

Offsetdruck 2

- ↪ Bogenoffsetdruck
- ↪ $V_{\max} = 15.000 \text{ Bg./h}$
- ↪ Druckformat 3b
- ↪ 4C, Schöndruck
- ↪ Bedruckstoff: 115 g/m^2

Offsetdruck 1

- ↪ Bogenoffsetdruck
- ↪ $V_{\max} = 14.000 \text{ Bg./h}$
- ↪ Druckformat 0b
- ↪ 4C, Schöndruck
- ↪ Bedruckstoff: 150 g/m^2

6. Vergleich: Digital versus Offset

Kriterium	Digitaldruck (50 A4/min.)	Offsetdruck 1 (14.000 Bg./h)	Offsetdruck 2 (15.000 Bg./h)
Leistungsaufnahme „Print-Ready-Mode“ [kW]	0,6	6	6
Mittlere Leistungsaufnahme Produktion [kW]	2	41	55
Spez. Energieeinsatz [Wh/A4]	0,65	0,86	0,57
Energieeffizienz [A4/kWh]	1549	1165	1745

- Standby-Leistungen und -Zeiten sind (auch hier) „der Bringer“
- Absolute Leistungswerte in der Produktion lassen ohne Weiteres keinen Rückschluss auf die Energieeffizienz zu
- **Vorsicht bei Pauschalurteilen zur Energieeffizienz**

Wer ist der größere Strom(kosten)-fresser: Digitaldruck oder Offsetdruck?

6. Vergleich: Energieverbrauch und CO₂

Auflage (Bg. A4)	50	500	10000
Verbrauch in kWh Digitaldruck (Toner)	50 Bg. * 0.65 Wh/Bg. = 32.5 (0.033 kWh)	0.33 kWh	6.5 kWh
Verbrauch in kWh Offset (12000 Bg./h, 0b)	50 Bg. * 0.86 Wh/Bg. = 43 (0.046 kWh)	0.46 kWh	8.6 kWh
Verbrauch in kWh Offset (15000 Bg./h, 3b)	50 Bg. * 0.57 Wh/Bg. = 28.5 (0.029 kWh)	0.29 kWh	5.7 kWh
CO ₂ e* Digitaldruck (Strompreis**)	16 g (0.74 Cent)	160 g (7.4 Cent)	3.2 kg (1.5 €)
CO ₂ e Offsetdruck 1 (Strompreis)	22.3 g (1.03 Cent)	223 g (10 Cent)	4.4 kg (2.7 €)
CO ₂ e Offsetdruck 2 (Strompreis)	13.8 g (0.65 Cent)	138 g (6.5 Cent)	2.8 kg (1.3 €)

** : 22.5 Cent/kWh (Ø 2022)

* : (485 g/kWh)₂₀₂₁, ohne Vorketten

Wer ist der größere Strom(kosten)-fresser: Digitaldruck oder Offsetdruck?

7. Praxistipps

- Setzen Sie die Optimierung von bestehenden Abläufen und Prozessen als oberste Priorität an!
- Prüfen Sie die bestehenden Abläufe und Prozesse (selbstkritisch)
- Typische Fragestellungen können hierbei lauten:
 - Sind Versorgungsleistungen wie Be- und Entlüftung oder die Beleuchtung bedarfsgerecht ausgelegt – sowohl mengenmäßig als auch zeitlich?
 - Gibt es eine hohe „Leerleistung“ in produktions- oder betriebsfreien Zeiträumen, zum Beispiel durch nicht benötigte Beleuchtung oder Maschinen?
 - Ist es notwendig, Verantwortlichkeiten für Kontrollgänge festzulegen?
 - Wie können Betriebsabläufe verändert werden, um energieintensive Bereitschaftszustände von Produktionsanlagen auf ein Minimum zu reduzieren?
 - Welche Maschineneinstellungen können für Energieeffizienzsteigerungen angepasst werden, ohne die Produktqualität zu gefährden?

8. Ausblick: FograCert Energy Monitoring

- Energiekenngrößen sind nicht gut vergleichbar
- ISO 20690 liefert herstellerübergreifende Kenngrößen für die Leistungsaufnahme und die Energieeffizienz (m^2/kWh) im Digitaldruck (=Prozessunabhängig)
- Anpassung der Vorgaben für den Bogen- und Rollenoffset werden gerade durchgeführt (VDMA 8873-1)
- FograCert Energy Monitoring ist zweistufig konzipiert:
 1. Produktionsbegleitende Leistungsmessung beim Druckdienstleister (=ISO 20690+ Prüfung)
 2. Visualisierungslösung (Dashboard & IOT-Box) stellt diese Größen ISO konform dar → FograCert



Wer ist der größere Strom(kosten)-fresser: Digitaldruck oder Offsetdruck?

| Zusammenfassung

**„Jede Kilowattstunde
hilft in dieser
Situation.“**

Robert Habeck, 15.06.2022

1. Strom (elektr. Energie) ist für viele Druckdienstleister der größte Hebel
2. Lastganganalysen helfen bei der Gesamtschau (Leerleistung → Verwaltungsleistung → Produktionsleistung)
3. Standardisierte Methoden zur Leistungs- und Effizienzberechnung stehen mit der ISO 20690 zur Verfügung
4. Viele „low hanging fruits“ im laufenden Betrieb durch Optimierung der Prozessparameter
5. Neue Fogra-Zertifizierung erlaubt herstellerunabhängige Vergleichbarkeit und Ermittlung tatsächlicher Kenngrößen für die CO₂-Bilanzierung