

FACULTEIT INGENIEURSWETENSCHAPPEN
EN ARCHITECTUUR

E610020 - INTRODUCTIE INDUSTRIEEL ONTWERPEN

3 - PROGRAMMA VAN EISEN (PVE) DEEL II

Jan Detand

UNIVERSITEIT
GENT

53

53

INHOUD

1. Situering van PVE als deel van het ontwerpproces
2. Wat is een programma van eisen - PVE
3. Klantbehoeften
4. Ontwerpcriteria
5. Variabelen / criteria en niveau van meten / toetsen
6. Stappenplan voor bepalen van ontwerpcriteria

Deel 1

Deel 2

UNIVERSITEIT
GENT

54

WARMING UP: SCHETS JOUW IDEE

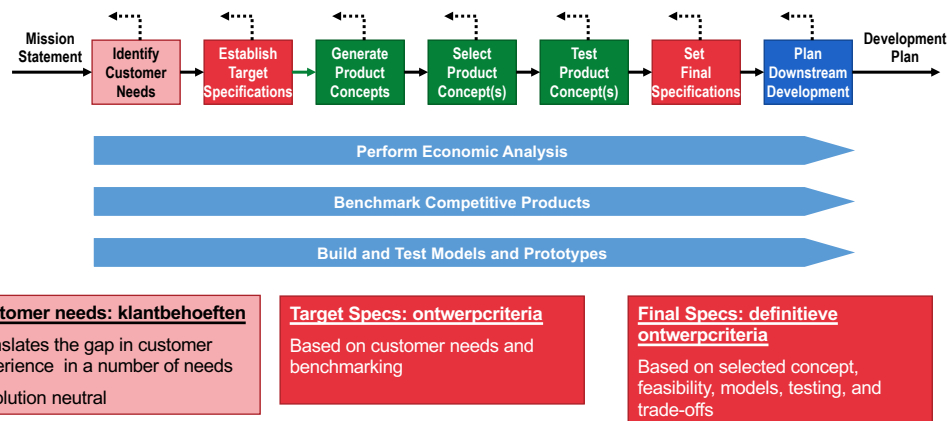
- Random generator geeft een context van een situatie
 1. Je krijgt 3 minuten om een idee te visualiseren
 2. Je presenteert dit in 1 minuut aan je buur en vice versa

55

4 - ONTWERPCRITERIA

56

PVE TIJDENS CONCEPTONTWIKKELINGSPROCES



57

WAT ZIJN ONTWERPCRITERIA?

Ontwerpcriteria = criteria die de gewenste functionaliteit, maar ook relevante normen en randvoorwaarden vanuit de opdrachtgever beschrijven in **concrete en toetsbare eisen**

Drie functies

- hulpmiddel bij het evalueren van concepten
- communicatiemiddel in een projectteam en met een opdrachtgever
- checklist bij het ontwerpen

58

DE UITDAGING

- Hoe vertaal je de klantbehoeften naar ontwerpcriteria
 - Klantbehoeften zijn omschreven in de taal van de klant
 - Ontwerpcriteria zijn beschreven als wetenschappelijke/technische termen die kunnen worden gemeten of bepaald

- Voor ieder criterium (spec) zijn er twee vragen:
 - Hoe kunnen we dit correct meten of bepalen?
 - Wat is de gewenste waarde?



59

KLANTBEHOEFTE VERTALEN NAAR ONTWERPCRITERIA

- Een klantbehoefte levert vaak meerdere ontwerpcriteria op

- *Klantbehoefte 'makkelijk te repareren'*
levert bijv. drie ontwerpcriteria op:
 - *'Moet te demonteren zijn met standaardgereedschap.'*
 - *'Moet te demonteren zijn binnen vijf minuten.'*
 - *'Moet te assembleren zijn binnen drie minuten.'*



60

60

FUNCTIES <-> ONTWERPCRITERIA (PVE)

TABEL 4.19 Verschil tussen functies en ontwerpcriteria

	Funcities	Ontwerpcriteria
Fiets	Zichtbaar zijn in het donker	Verlichting moet van een afstand van 50 meter zichtbaar zijn aan de voorkant en achterkant
Rollator	Vervoeren van kleine boodschappen	Moet te gebruiken zijn om dagelijks kleine huishoudelijke boodschappen (maximaal 5 kg en 10 liter) mee te vervoeren

I. Oskam and P. Souren, Ontwerpen van technische innovaties, 3rd ed. Noordhoff, 2022.

ONTWERPCRITERIA FORMULEREN

Ontwerpcriteria moeten als concrete richtlijnen voor ontwerpers geformuleerd worden en daarmee onduidelijkheid (ook in de communicatie met de opdrachtgever) voorkomen.

Aandachtspunten

- maak het concreet en specifiek
- maak het meetbaar (benoem bijv. eenheid waarin gemeten wordt)
- voorkom overlappende criteria of twee criteria in één
- voorkom het formuleren van oplossingen
- voorkom het formuleren van specificaties

ONTWERPCRITERIUM = MEETMETHODE

CRITERIUM = **METRIEK** + **WAARDE** + **EENHEID**

Metriek
beschrijft wat je zal bepalen en hoe je
dit bepaalt

Waarde (+ eenheid)

- geeft de toegelaten grens of waarde aan en omvat indien mogelijk ook een **eenheid**
- Is een methode van één of meer klantbehoeften te bepalen door een meting

Voorbeeld:

- **Metriek**: “Gemiddelde tijd om het product te assembleren”
- **Waarde + eenheid**: “kleiner dan 75 seconden”

Metriek: je doet 20 metingen van de assemblagetijd en bepaalt het gemiddelde

63

VOORBEELD: OPHANGVORK



Metriek	Waarde	Eenheid
Totale massa	8.5-10	kg
Cycli tot falen	> 500 k	cycles
Eenheidsproductiekost	< 100	EURO
...		

64

TABEL 4.21 Veelgemaakte fouten bij het formuleren van ontwerpcriteria en mogelijke verbeteringen

	Opmerking	Ontwerpcriteria
A	Twee criteria die op hetzelfde neerkomen: Verbeterd:	1 Het product moet duurzaam zijn. 2 Het product moet bestand zijn tegen corrosie. 1 Het product moet bij gemiddeld gebruik een levensduur hebben van 8 jaar. 2 Het product moet bestand zijn tegen permanent verblijf in de buitenlucht.
B	Eis is niet meetbaar: Verbeterd, maar twee onderwerpen in één eis: Verbeterd:	3 Het onderdeel moet makkelijk te bedienen zijn. 3 Het onderdeel moet snel en zonder hijskraan te verwisselen zijn. 3a Het onderdeel moet zonder kraan te verwisselen zijn. 3b Het onderdeel moet binnen vijf minuten te verwisselen zijn.
C	Oplossing in criteria geformuleerd: Verbeterd, maar nu twee onderwerpen in één eis:	4 De fiets moet een bagagedrager bevatten. 4 Het moet mogelijk zijn boodschappen te vervoeren van minimaal 20 kg en een volume van 20 liter.
D	Specificatie in criteria geformuleerd: Verbeterd:	5 Het onderdeel moet van nylon 6.6 gemaakt worden. 5a Het onderdeel moet een levensduur hebben van 7.000 uur. 5b Het onderdeel moet te produceren zijn door middel van spuitgieten.

I. Oskam and P. Souren, Ontwerpen van technische innovaties, 3rd ed. Noordhoff, 2022.

65

ONDERSCHIED TUSSEN EISEN EN SUCCESCRITERIA

Eisen = voorwaardelijke ontwerpcriteria; de ontwerpcriteria waaraan het ontwerp moet voldoen ('ja/nee'-eisen)

- Vaste eisen: '*... is exact ...*'
- Variabele eisen: '*... is groter/kleiner dan ...*' (vaak een marge)

Succescriteria = onderscheidende ontwerpcriteria om de concepten te rangschikken; hoe meer een ontwerp aan deze criteria voldoet hoe beter

- Selectie van de variabele eisen, geformuleerd in een continuüm: '*... is zo klein/groot mogelijk*'

66

TABEL 4.23 Voorbeeld van variabele eisen en vertaling naar succescriteria

	Eisen		Succescriteria
1	Het product heeft een lengte tussen de 30 en 35 cm	variabel	n.v.t.
2	Het product weegt maximaal 5 kg	variabel	Het product moet zo licht mogelijk zijn
3	Het product kost maximaal 10 euro	variabel	Het product moet zo goedkoop mogelijk zijn



I. Oskam and P. Souren, Ontwerpen van technische innovaties, 3rd ed. Noordhoff, 2022.

VERSCHILLENDE INVALSHOEKEN BIJ HET BEPALEN VAN ONTWERPCRITERIA





- 1. PERFORMANCE** *What main functions does the product need to fulfill? What functional properties should it have (speed, power, strength, precision, capacity, etcetera)?*
- 2. ENVIRONMENT** *What kind of environmental influences does the product need to withstand during production, transport and use (temperature, vibrations, moisture, etcetera)? What effects of the product to the environment should be avoided?*
- 3. LIFE IN SERVICE** *With what intensity will the product be used and how long should it last?*
- 4. MAINTENANCE** *Is maintenance necessary and possible? What parts need to be accessible?*
- 5. TARGET PRODUCT COST** *Target Product Cost: What is a realistic price for the product, considering similar products? What margin does it need to deliver?*
- 6. TRANSPORT** *What requirements are set by transport of the product during production and to the location of usage?*
- 7. PACKAGING** *Is packaging needed? Against what should it protect?*
- 8. QUANTITY** *What is the amount of units to be produced? In batches or in continuous production?*
- 9. PRODUCTION FACILITIES** *Should the product be designed for existing production facilities, or is it possible to invest in new production resources? Will (part of) production be outsourced?*
- 10. SIZE AND WEIGHT** *Are there boundaries to the size and weight of the product due to production, transport or use?*
- 11. AESTHETIC, APPEARANCE AND FINISH** *Which preferences do buyers and users have? Should the product fit a house style?*
- 12. MATERIALS** *Should certain materials (not) be used (because of safety or environmental reasons)?*
- 13. PRODUCT LIFE SPAN** *How long is the product expected to be produced and sold?*
- 14. STANDARDS, RULES AND REGULATIONS** *What standards, rules and regulations (nationally and internationally) apply to the product and to the production process? Should standardisation within the company or within the industry be taken into account?*
- 15. ERGONOMICS** *What requirements result from observing, understanding, handling, operating (etcetera) the product?*
- 16. RELIABILITY** *What chance of failure is acceptable? What kind of failure and consequences to the functioning of the product should be avoided at all cost?*
- 17. STORAGE** *Are there long periods of storing time during production, distribution or usage of the product? Does this call for specific storage measures?*
- 18. TESTING** *What quality tests are conducted on the product, both inside and outside the company?*
- 19. SAFETY** *Should specific precautions be taken with regards to the safety of users and non-users?*
- 20. PRODUCT POLICY** *Are there requirements resulting from the company's current product portfolio?*
- 21. SOCIETAL AND POLITICAL IMPLICATIONS** *What opinions are there currently in society concerning the product?*
- 22. PRODUCT LIABILITY** *For what kinds of design, production or usage mistakes can the producer be held accountable?*
- 23. INSTALLATION AND INITIATION OF USE** *What requirements result from assembly outside the factory, installation, connecting to other systems and learning how to handle and operate the product?*
- 24. REUSE, RECYCLING** *Can the material cycle be extended by reuse of parts and materials? Are parts and materials easy to separate for recycling or waste processing?*



5 - VARIABELEN / CRITERIA EN NIVEAU VAN METEN / TOETSEN

69

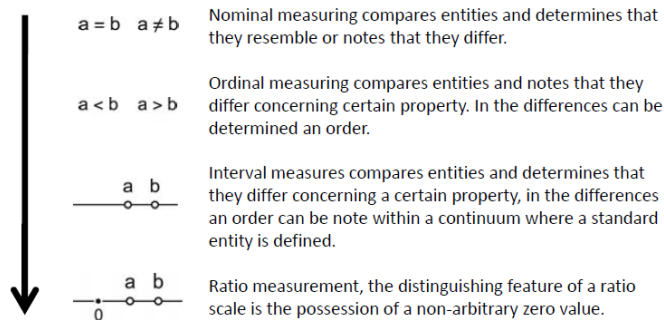
SOORTEN VARIABELEN EN HUN METING

Variabele	Eigenschappen	Bewerkingen	Voorbeeld	Meetmethode
 Nominaal	Niet kwantitatief Niet rekenkundig Geen ordening	Booleaan (ja/nee) Tellen van aantallen in een populatie	Veiligheid: niemand mag zich kunnen verwonden Wat proef je ?	Booleaans (ja/nee) via ■ Enquête / interview ■ Waarneming
 Ordinaal	Niet kwantitatief Niet rekenkundig Ordening – rangorde	Ordenen: $a < b$ Tellen van aantallen in een populatie	Appreciatie: oplossing a is mooier dan oplossing b	Appreciatie (1-5) Rangschikken via ■ Enquête / interview ■ Waarneming
 Interval	Kwantitatief Rekenkundig Ordening - Schaal Arbitrair nulpunt	Ordenen: $a < b$ Optellen: $a + b$ Statistiek: populatie of steekproef	Temperatuur in °C of °F Dubbel zo groot heeft geen betekenis	Meten (schaal) via ■ Enquête / interview ■ Waarneming ■ Experiment
 Ratio	Kwantitatief Rekenkundig Ordening - Schaal Absoluut nulpunt	Ordenen: $a < b$ Optellen: $a + b$ Verschalen: $4 * a = b$ Statistiek: populatie of steekproef	Lengtemaat Dubbel zo groot heeft wel een betekenis	Meten (schaal) via ■ Enquête / interview ■ Waarneming ■ Experiment

70

NIVEAU VAN TOETSBAARHEID

Strive For The Highest "Level Of Measurement"



71

71

KARAKTERISTIEKEN VAN EEN METING

- Vergelijk waarden door gebruik te maken van **referenties**
 - Benchmarks
 - Hypothese
 - Ontwerpvariaties
- Aantal discrete waarden
 - Nominaal: 2
 - Ordinaal: N discrete waarden
 - Interval: bereik / numeriek
 - Ratio: Referentie / bereik / numeriek
- Hoe kan je meten
 - Kwalitatief
 - Kwantitatief

Increment	Meet-eigenschap	Mathematische operatoren	Central tendency
Nominaal	Classificatie, \in	$=, \neq$	Mode
Ordinaal	Vergelijking, niveau	$>, <$	Mediaan
Interval	Verschil, affiniteit	$+, -$	Gemiddelde, afwijking
Ratio	Grootte, hoeveelheid	$*, /$	Geometrisch gemiddelde, Variatie-coëfficiënt

Variabele	Ontwerp-methode	Meetstrategie
Nominaal	Ontdekken, Creëren	Emergent: Ja/Nee
Ordinaal	Verbeteren, Combineren, Relaties leggen	Beter/Slechter
Interval/ Ratio	Transform, Fine-tune, Optimize	Hoeveel beter of slechter?



72

72

MEETMETHODES

- Kwalitatief
 - Nominaal / Ordinaal
 - Gebruiker
 - Observatie
 - Interactie
 - In gebruikcontext

- Kwantitatief
 - Interval / ratio
 - Meetsysteem
 - In gecontroleerde context
 - Nadruk op herhaalbaarheid



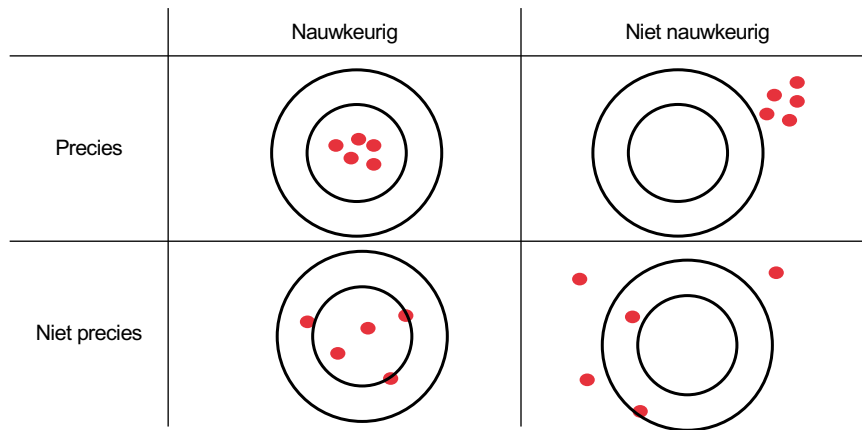
73

FUNDAMENTELE VRAGEN

- Hoe kan ik een bepaalde variabele meten ?
- Welke meetmethode is geschikt ?
- Wat is de meetopstelling (meetsysteem) ?
- Hoe nauwkeurig moeten de gegevens zijn ?
- Wat is kost vs. meerwaarde van de meting ?
- Wat beïnvloedt de meting ?
 - Aantal metingen
 - Nauwkeurigheid en Precisie
 - Invloedsfactoren van de omgeving

74

NAUWKEURIGHEID EN PRECISIE VAN MEETSISTEEM



MEETBARE ONTWERPCRITERIA VIA BENCHMARKS

Vouwfietzen



	PRIJS	BESCHRIJVING				TESTRESULTATEN						EINDSCORE OP 100
		Richtprijs	Aantal versnellingen	Gewicht in kg	Aandrijving	1 x b x h (cm) wanneer opgevouwen	Ultrusting	Stevigheid	Rijden	Dragen	Parkeren	
BROMPTON Model "M" 6 Speed	1399	6	12	ketting	60 x 30 x 59	★★★★★	★★★★★	★★★★	★★★★★	★★★★★	★★★★★	81
DAHON Vitesse D8	629	7	13.8	ketting	83 x 35 x 65	★★★★	★★★★★	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★	76
TERN Link D8 DR	849	8	13.3	ketting	79 x 39 x 74	★★★★	★★★★★	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★★	75
DAHON Vybe D7	595	7	13.8	ketting	78 x 35 x 68	★★★★	★★★★★	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★	73
DAHON Mu Uno 20"	799	1	12.2	ketting	81 x 46 x 64	★★★★	★★★★★	★★★	★★★★	★★★★	★★★★	70
STRIDA LT Black One Speed	690	1	11.1	riem	112 x 30 x 58	★★★★	★★★★	★★★	★★★★	★★★	★★★★	62
BEIKO Compact Low	849	7	16.9	cardan	87 x 45 x 67	★★★★	★★★★★	★★★★	★★	★★	★★★★	61
BTWIN Hoptown 300	170	6	15	ketting	77 x 40 x 68	★★★	★★★	★★★	★★★	★★★	★★★	52
WAYSERAL W165	170	6	14	ketting	87 x 46 x 67	★★★	★★	★★★	★★★	★★	★★★	44
SYMEX 20"	150	6	15.1	ketting	87 x 42 x 63	★★★	★★	★★★	★★	★★★	★★★	42

Meer info en modellen op www.testaankoop.be/vergelijkvouwfiets

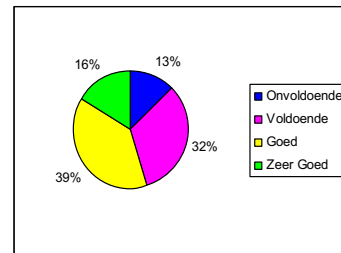
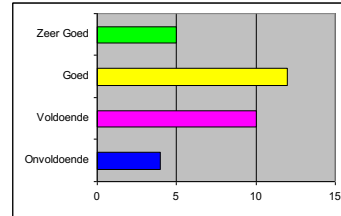
Goede kwaliteit Redelijke kwaliteit

ZORG DAT CRITERIA ONDERLING KUNNEN WORDEN VERGELEKEN

ORDINALE DATA

Frequency table

Waarde	Aantallen	Cumulatief	Percent
Onvoldoende	4	4	12,9%
Voldoende	10	14	32,3%
Goed	12	26	38,7%
Zeer Goed	5	31	16,1%

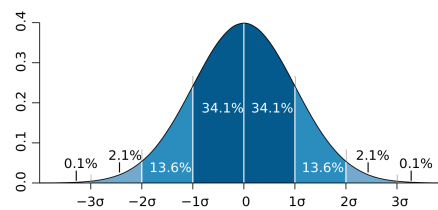
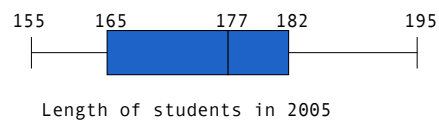


77

EÉN DIMENSIE: CENTER WAARDE - BEREIK

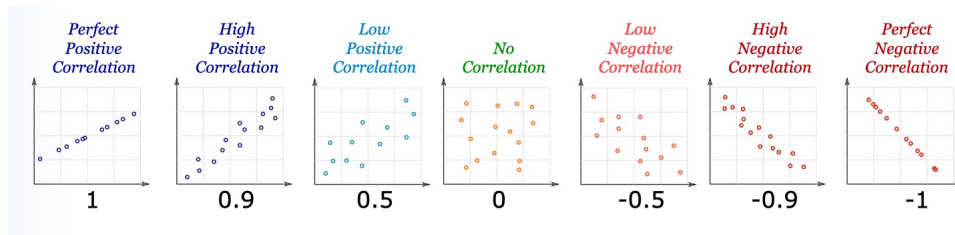
- Boxplot
 - Minimum
 - Eerste kwartiel
 - Mediaan
 - Derde kwartiel
 - Maximum

- Gaussiaanse verdeling
 - Gemiddelde
 - Standaard Afwijking



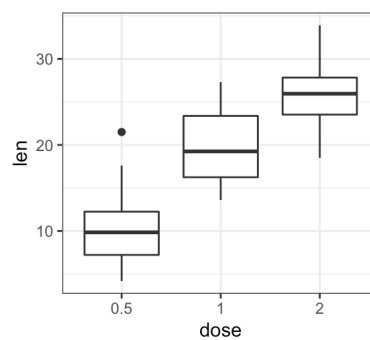
78

CORRELATIEDIAGRAM – CORRELATIE FACTOR



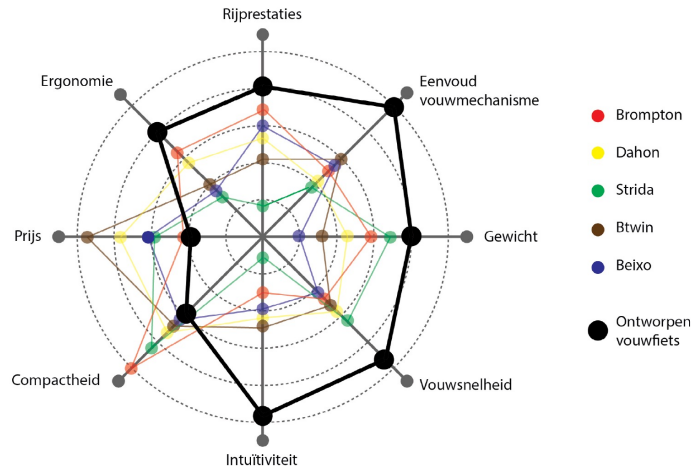
79

MULTIVARIATE ANALYSE – DESIGN OF EXPERIMENTS



80

RADARPLOT



Figuur 118. Radarplot van de ontworpen vouwfiets ten opzichte van de benchmarks

81

HOE GOED KAN JE OBSERVEREN / METEN?



82

POINT OF VIEW

$$XI+I=X \quad \curvearrowright \quad X=I+IX$$

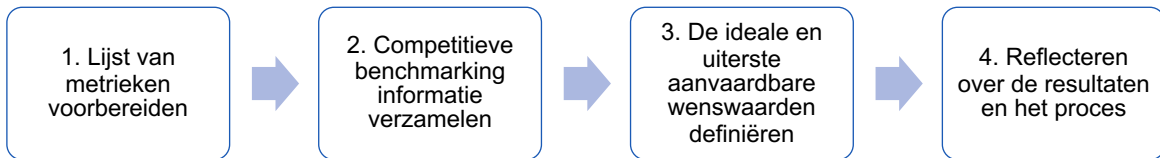
$$\begin{aligned} I+I &= I0 \\ I0+I &= II \\ II+I &= I00 \end{aligned}$$

83

6 – STAPPENPLAN VOOR BEPALEN VAN ONTWERPCRITERIA

84

STAPPENPLAN VOOR HET BEPALEN VAN DE VOORLOPIGE ONTWERPCRITERIA (TARGET SPECS)



6.1. OPSTELLEN VAN EEN METRICS LIJST

- Metric bepalen
 - Meetmethode
 - Eenheid
 - Belangrijkheid
 - Meting voor welke klantbehoeften: de needs-metrics matrix

Metric #	Need #s	Metric	Imp	Units
1	1,3	Attenuation from dropout to handlebar at 10hz	3	dB
2	2,6	Spring pre-load	3	N
3	1,3	Maximum value from the Monster	5	g
4	1,3	Minimum descent time on test track	5	s
5	4	Damping coefficient adjustment range	3	N-s/m
6	5	Maximum travel (26in wheel)	3	mm
7	5	Rake offset	3	mm
8	6	Lateral stiffness at the tip	3	kN/m
9	7	Total mass	4	kg
10	8	Lateral stiffness at brake pivots	2	kN/m
11	9	Headset sizes	5	in
12	9	Steertube length	5	mm
13	9	Wheel sizes	5	list
14	9	Maximum tire width	5	in
15	10	Time to assemble to frame	1	s
16	11	Fender compatibility	1	list
17	12	Installs pride	5	subj
18	13	Unit manufacturing cost	5	US\$
19	14	Time in spray chamber w/o water entry	5	s
20	15	Cycles in mud chamber w/o contamination	5	k-cycles
21	16,17	Time to disassemble/assemble for maintenance	3	s
22	17,18	Special tools required for maintenance	3	list
23	19	UV test duration to degrade rubber parts	5	hours
24	19	Monster cycles to failure	5	cycles
25	20	Japan Industrial Standards test	5	binary
26	20	Bending strength (frontal loading)	5	MN



NEEDS METRICS MATRIX

Need	Metric
1 Reduces vibration to the hands	1 Attenuation from dropout to handlebar at 10 Hz
2 Allows easy traversal of slow, difficult terrain	2 Spring preload
3 Enables high-speed descents on bumpy trails	3 Moment ratio from the handlebar
4 Allows sensitivity adjustment	4 Moment ratio from the seat back
5 Preserves the steering characteristics of the bike	5 Damping coefficient and adjustment range
6 Remains rigid during hard cornering	6 Maximum travel (26-in. wheels)
7 Is lightweight	7 Brake offset
8 Provides stiff mounting points for the brakes	8 Lateral stiffness at the lip
9 Fits a wide variety of bikes, wheels, and tires	9 Total mass
10 Is easy to install	10 Lateral stiffness at brake pads
11 Works with fenders	11 Headset sizes
12 Instills pride	11 Spacetime length
13 Is affordable for an amateur enthusiast	12 Maximum tire width
14 Is not contaminated by water	13 Time to assemble to frame
15 Is not contaminated by grunge	14 Fender compatibility
16 Can be easily accessed for maintenance	15 Installs parts
17 Allows easy replacement of worn parts	16 Unit manufacturing cost
18 Can be maintained with readily available tools	17 Time in spray chamber without water entry
19 Lasts a long time	18 Cycles in mud chamber without contamination
20 Is safe in a crash	19 Time to assemble to frame for maintenance
	20 Stroke-to-stroke ratio for rubber parts
	21 UV test duration to degrade rubber parts
	22 Monitor cycles to failure
	24 Japan Industrial Standards test
	25 Bending strength (frontal loading)
	26

EXHIBIT 6-5 The needs-metrics matrix.

K. Ulrich, S. D. Eppinger, and M. Yang, Product Design and Development. McGraw-Hill, 2019. ISBN: 978-1-260-56643-7



6.2. BENCHMARKING

- Via klantbehoefte
- Via Metrics



BENCHMARKING OP KLANTBEHOEFTE (KWALITATIEF)

#	NEED	Imp	ST Ttrack	Maniray 2	Rox Tahn Quadra	Rox Tahn Ti 21	Tonka Pro	Gunhill Head Shox
1	The suspension reduces vibration to the hands.	3	*	****	**	*****	**	**
2	The suspension allows easy traversal of slow, difficult terrain.	2	**	****	**	*****	**	*****
3	The suspension enables high speed descents on bumpy trails.	5	*	*****	**	*****	**	**
4	The suspension allows sensitivity adjustment.	3	*	****	**	*****	**	**
5	The suspension preserves the steering characteristics of the bike.	4	****	**	*	**	**	*****
6	The suspension remains rigid during hard cornering.	4	*	**	*	*****	*	*****
7	The suspension is lightweight.	4	*	**	*	**	**	*****
8	The suspension provides stiff mounting points for the brakes.	2	*	****	**	**	**	*****
9	The suspension fits a wide variety of bikes, wheels, and tires.	5	****	*****	**	*****	**	*
10	The suspension is easy to install.	1	****	*****	*****	*****	*****	*
11	The suspension works with fenders.	1	***	*	*	*	*	*****
12	The suspension instills pride.	5	*	****	**	*****	**	*****
13	The suspension is affordable for an amateur enthusiast.	5	*****	*	**	*	**	**
14	The suspension is not contaminated by water.	5	*	**	**	*****	**	*****
15	The suspension is not contaminated by grunge.	5	*	**	*	*****	**	*****
16	The suspension can be easily accessed for maintenance.	3	****	*****	*****	*****	*****	*
17	The suspension allows easy replacement of worn parts.	1	****	*****	*****	*****	*****	*
18	The suspension can be maintained with readily available tools.	3	****	*****	*****	*****	**	*
19	The suspension lasts a long time.	5	*****	*****	*****	*****	**	*
20	The suspension is safe in a crash.	5	*****	*****	*****	*****	*****	*****

K. Ulrich, S. D. Eppinger, and M. Yang, Product Design and Development. McGraw-Hill, 2019. ISBN: 978-1-260-56643-7

89

89

COMPETITIEVE MATRIX GEBASEERD OP METRICS

Metric #	Need #s	Metric	Imp	Units	ST Ttrack	Maniray 2	Rox Tahn Quadra	Rox Tahn Ti 21	Tonka Pro	Gunhill Head Shox
1	1,3	Attenuation from dropout to handlebar at 10hz	3	dB	8	15	10	15	9	13
2	2,6	Spring pre-load	3	N	550	760	500	710	480	680
3	1,3	Maximum value from the Monster	5	g	3.6	3.2	3.7	3.3	3.7	3.4
4	1,3	Minimum descent time on test track	5	s	13	11.3	12.6	11.2	13.2	11
5	4	Damping coefficient adjustment range	3	N-s/m	0	0	0	200	0	0
6	5	Maximum travel (26in wheel)	3	mm	29	48	43	46	33	38
7	5	Rake offset	3	mm	41.5	39	38	38	43.2	39
8	6	Lateral stiffness at the tip	3	kN/m	59	110	85	85	65	130
9	7	Total mass	4	kg	1.409	1.385	1.409	1.364	1.222	1.1
10	8	Lateral stiffness at brake pivots	2	kN/m	295	550	425	425	325	650
11	9	Headset sizes	5	in	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	NA
					1.125	1.250	1.125	1.250	1.125	
					150	150	150	150	150	
					180	140	150	170	150	
					210	165	170	190	190	
					230	190	190	210	210	
12	9	Steertube length	5	mm	255	215	210	230	220	NA
13	9	Wheel sizes	5	list	26in	26in	26in	700C	26in	26in
14	9	Maximum tire width	5	in	1.5	1.75	1.5	1.75	1.5	1.5
15	10	Time to assemble to frame	1	s	35	35	45	45	35	65
16	11	Fender compatibility	1	list	Zefal	none	none	none	none	all
17	12	Instills pride	5	subj	1	4	3	5	3	5
18	13	Unit manufacturing cost	5	US\$	65	105	85	115	80	100
19	14	Time in spray chamber w/o water entry	5	s	1300	2900	>3600	>3600	2300	>3600
20	15	Cycles in mud chamber w/o contamination	5	k-cycles	15	19	15	25	18	35
21	16,17	Time to disassemble/assemble for maintenance	3	s	160	245	215	245	200	425
22	17,18	Special tools required for maintenance	3	list	hex	hex	hex	hex	hex	hex, pin
23	19	UV test duration to degrade rubber parts	5	hours	400+	250	400+	400+	400+	250
24	19	Monster cycles to failure	5	cycles	500k+	500k+	500k+	480k	500k+	330k
25	20	Japan Industrial Standards test	5	binary	pass	pass	pass	pass	pass	pass
26	20	Bending strength (frontal loading)	5	MN	55	89	75	75	62	102

K. Ulrich, S. D. Eppinger, and M. Yang, Product Design and Development. McGraw-Hill, 2019. ISBN: 978-1-260-56643-7

90

90

6.3. TARGET VALUES

Metric	Units	Marginal Value	Ideal Value
1 Attenuation from dropout to handlebar at 10hz	dB	>10	>15
2 Spring pre-load	N	480 - 800	650 - 700
3 Maximum value from the Monster	g	<3.5	<3.2
4 Minimum descent time on test track	s	<13.0	<11.0
5 Damping coefficient adjustment range	N-s/m	0	>200
6 Maximum travel (26in wheel)	mm	33 - 50	45
7 Rake offset	mm	37 - 45	38
8 Lateral stiffness at the tip	kN/m	>65	>130
9 Total mass	kg	<1.4	<1.1
10 Lateral stiffness at brake pivots	kN/m	>325	>650
11 Headset sizes	in	1.000 1.125	1.000 1.125 1.250
12 Steertube length	mm	150 170 170 190 210 210	150 170 190 210 230 26in
13 Wheel sizes	list	26in	700c
14 Maximum tire width	in	>1.5	>1.75
15 Time to assemble to frame	s	<60	<35
16 Fender compatibility	list	none	all
17 Instills pride	subj	>3	>5
18 Unit manufacturing cost	US\$	<85	<65
19 Time in spray chamber w/o water entry	s	>2300	>3600
20 Cycles in mud chamber w/o contamination	k-cycles	>15	>35
21 Time to disassemble/assemble for maintenance	s	<300	<160
22 Special tools required for maintenance	list	hex	hex
23 UV test duration to degrade rubber parts	hours	>250	>450
24 Monster cycles to failure	cycles	>300k	>500k
25 Japan Industrial Standards test	binary	pass	pass
26 Bending strength (frontal loading)	MN	>70	>100



K. Ulrich, S. D. Eppinger, and M. Yang, Product Design and Development. McGraw-Hill, 2019. ISBN: 978-1-260-56643-7

91

91

6.4. REFLECTIE

- Zijn de leden van het team aan het "spelen" (bvb. zetten van een bijzonder hoge waarde om marketing redenen)
- Moet men meerdere producten of product opties in beschouwing nemen bij de ontwikkeling?
- Zijn er ontwerpcriteria die ontbreken?



92

92

OEFENING 3.3: ONTWERPCRITERIA BEPALEN

- Doorloop de vier stappen om de voorlopige ontwerpcriteria te bepalen
- Beschrijf de meetmethode en de richtwaarden
- Bepaal ten minste 5 waarden in de metrics lijst

- Case studies
 - Fietshelm (1,4,7)
 - Kruiwagen (2,5,8)
 - Lunchbox (3,6)

