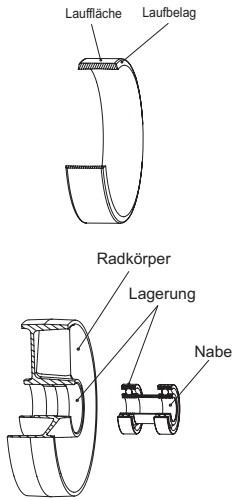


1. ALLGEMEINES



1.1 Vollgummi-Räder

Räder und Rollen gibt es in vielen verschiedenen Ausführungen um unterschiedliche Anforderungen abzudecken. Ein Rad besteht aus den folgenden Teilen: der Lauffläche, dem Laufbelag, dem Radkörper (auch Felge genannt), der Lagerung und der Nabe.

• Lauffläche

Die Lauffläche ist die Außenoberfläche des Rades und ist jener Teil, der mit dem Boden in Kontakt kommt. Sie kann glatt sein, oder aber auch mit Profil, um den Grip am Boden zu erhöhen.

• Laufbelag

Der Laufbelag ist der äußere Ring des Rades. Kann aus unterschiedlichen Materialien sein und ist ein wichtiges Wahlkriterium für den Einsatz des Rades.

• Radkörper oder Felge

Der Radkörper ist jener Teil des Rades, der den Laufbelag mit der Lagerung verbindet. Er kann diverse Formen haben und aus unterschiedlichen Materialien bestehen. Er kann einteilig sein, oder auch aus zwei oder mehreren Teilen bestehen.

• Lagerung und Nabe

Die Lagerung ist der zentrale Teil des Rades indem sich die Achse oder Nabe befindet, die eine Rotation verbessern (Kugellager, Rollenlager, Gleitlager etc.)

Abhängig vom Herstellverfahren und dem Material des Laufbelags können Räder und Rollen in drei Produktfamilien eingeteilt werden: Vollgummi-Räder, Polyurethan-Räder und einteilige Räder.

Der Laufbelag von vollgummibereiften Rädern wird entweder aus natürlichem und/oder synthetischem Gummi hergestellt. Der Gummi für Industrieräder wird entweder aufvulkanisiert oder im Spritzgussverfahren aufgebracht.

• **Vulkanisierter Gummi:** spezielle Mineralstoffe und Vulkanisierungsmittel werden zum Gummi hinzugefügt - dieser durchläuft eine sogenannte "Vulkanisierung". Während dieses Prozesses verändert sich die molekulare Struktur des Gummis erheblich; das sehr "weiche" Material zu Beginn des Prozesses, wird zu einem festen Produkt, das mit der Zeit die Form der Gussform behält, in der der Vulkanisierungs-Prozess stattfindet. Der dadurch entstehende Ring wird mechanisch auf dem Radkörper angebracht. Vulkanisierter Gummi hat verbesserte Eigenschaften betreffend Zugkraft und Drucklast. Die physikalisch-mechanischen Eigenschaften von vulkanisiertem Gummi hängen von der Qualität des verwendeten natürlichen und/oder synthetisch hergestelltem Gummi, den hinzugefügten Mineralstoffen und den Bedingungen, unter denen die Vulkanisierung stattgefunden hat, ab.

• **Spritzgussverfahren:** Der Gummi wird einer Synthese unterzogen. Das erhaltene Material wird in eine Gussform eingespritzt, in welche der Radkörper bereits eingelegt wurde. Der eingespritzte Gummi behält seine Schmelzbarkeit auch nach dem Gießen. Im Normalfall sind die elastischen Eigenschaften von im Spritzgussverfahren hergestelltem Gummi schlechter, als jene der besten Qualität von vulkanisiertem Gummi. Sie sind jedoch vergleichbar mit jener von mittlerer bis schlechter Qualität. Im Folgenden finden Sie einige physikalisch-mechanische Parameter, die die Qualität des Gummis definieren (zur Definition des Parameters finden Sie die entsprechende Norm nebenstehend):

- Härte UNI EN ISO 868:1999; ASTM D 2240-2004
- spezifische Dichte UNI 7092:1972; ISO 2781:1988
- Stoßfestigkeit UNI 7716:2000; ISO 4662:1986
- Abriebverlust UNI 9185:1988; DIN 53516:1987
- Zugfestigkeit UNI 6065:2001; ISO 37:1994; ASTM D 412c-1998
- Bruchdehnung UNI 6065:2001; ISO 37:1994; ASTM D 412c-1998
- Reißfestigkeit UNI 4914:1987; ASTM D 624b-2000
- Druckverformungsrest UNI ISO 815:2001

Diese Parameter sind nicht unabhängig voneinander; in anderen Worten – verändert man einen Parameter hat dies Auswirkungen auf andere (in unterschiedlicher Ausprägung). Die Härte ist am Einfachsten zu definieren: Generell kann man sagen, dass ein höherer Härtegrad die elastischen Eigenschaften reduziert (Stoßfestigkeit, Bruchdehnung, Druckverformungsrest) und reduziert die Gesamtleistung des Rades. Im Gegensatz dazu sind Parameter wie Reißfestigkeit und Abriebverlust hauptsächlich von der Zusammenstellung des Naturkautschuks abhängig und so einem geringeren Ausmaß von der Härte.

1.2 Polyurethan-Räder

Die Lauffläche eines Polyurethan Rades besteht aus einem Elastomer, dass ausschließlich aus der Synthese von Rohstoffen gewonnen wird. Polyurethane sind chemische Verbindungen die durch die Polymerisierungsreaktion - ausgelöst durch das Zusammenmischen von zwei Komponenten, die zu zwei unterschiedlichen Verbindungstypen gehören (Di-Isocyanate und Polyalkohole) entstehen. Die Komponenten werden so erhitzt, dass sie im flüssigen Zustand mit relativ geringer Viskosität bleiben. Grundsätzlich enthalten Polyurethan-Elastomere keine zusätzlichen Mineralstoffe. Die, aus den beiden Komponenten entstandene, Mischung wird in die Formen gegossen oder eingespritzt, die bereits den Radkörper aus Metall oder Kunststoff enthalten. Dank der Temperatur der Gußform und des Radkörpers, wird die Polymerisation innerhalb des Polyurethan abgeschlossen, während das Polyurethan chemisch mittels Klebstoff, der sich auf dem Radkörper befindet, angebracht wird.

• **Gegossenes Polyurethan** ist nicht länger schmelzbar, hat zusätzlich zur mittleren Härte, Kompression und Zugkraftfestigkeit, gute elastische Eigenschaften.

• **Polyurethan mittels Spritzgussverfahren** ist weiterhin schmelzbar; es hat grundsätzlich schlechtere elastische Eigenschaften, ist jedoch besser in Bezug auf den Härtegrad (im Vergleich zu gegossenem Polyurethan).

• Im Folgenden Sie die physikalisch-mechanischen Hauptmerkmale von Polyurethan (zur Definition der Merkmale finden Sie die entsprechende Norm nebenstehend):





- Härte UNI EN ISO 868:1999; ASTM D 2240-2004
- spezifische Dichte UNI 7092:1972; ISO 2781:1988
- Stoßfestigkeit UNI 7716:2000; ISO 4662:1986
- Abriebverlust UNI 9185:1988; DIN 53516:1987
- Zugfestigkeit UNI 6065:2001; ISO 37:1994; ASTM D 412c-1998
- Bruchdehnung UNI 6065:2001; ISO 37:1994; ASTM D 412c-1998
- Reißfestigkeit UNI 4914:1987; ASTM D 624b-2000
- Druckverformungsrest UNI ISO 815:2001.

1.3 Einteilige Räder

Bei einteiligen Rädern sind die Lauffläche und der Radkörper in einem Stück und aus dem selben Werkstoff. Die physikalisch-mechanischen Eigenschaften des Rades sind abhängig vom verwendeten Material.

2. GEHÄUSE

Das Gehäuse ist das Verbindungselement zwischen Rad und Wagen. Normalerweise benötigen alle Räder ein Gehäuse zur Befestigung am Wagen. Davon ausgenommen sind Räder, deren Achse im Wagen integriert ist. Es gibt Lenk- und feststehende Gehäuse.

ELESA Räder passen zu unterschiedlichen Gehäuse-Ausführungen - aus verzinktem Stahlblech, Edelstahl 1.4301 oder elektrogeschweißter Stahl. Die genaue Beschreibung finden Sie in den jeweiligen Produktdatenblätter.

Eine Beschreibung der Gehäuse aus Stahl möchten wir beispielhaft erläutern.

2.1 Lenkgehäuse

Das Lenkgehäuse dreht sich bei der Änderung der Verschieberichtung um seine senkrechte Achse. Die Radachse ist bezüglich der Gehäuseachse versetzt, um eine gute Manövrierbarkeit des Wagens zu gewährleisten. Unter der Manövrierbarkeit versteht man sowohl die Lenkbarkeit des Wagens, als auch den Geradeauslauf. Eine zu große Fluchtabweichung der Position der Radachse zur Gehäuseachse reduziert den Geradeauslauf und führt zu einem unruhigen Lauf der Rolle. Die Lenkgehäuse können mit Bremsen ausgerüstet werden, welche dann sowohl das Rad bremsen, als auch die Rotation der Gehäuseachse verbinden bzw. nur das Rad bremsen. Lenkgehäuse bestehen aus Anschraubplatte, Lenkgabel, Lagerung, Kugellagerhalterung, Zapfen bzw. Rückenloch und eventuell Staubschutzring.

• Anschraubplatte

Die Anschraubplatte dient zur Befestigung am Wagen (vier Befestigungsbohrungen).

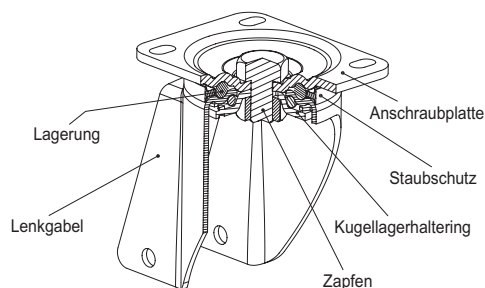
• Lenkgabel

Die Lenkgabel führt das Rad durch die Bohrungen für die Radachse und ist mittels der Lagerung mit der Anschraubplatte verbunden.

• Kugellager-Halterung

Der Kugellager-Halterung schließt das Lager ab.

Bei einigen Rollen gibt es zusätzlich noch einen Staubschutzring zur Abdichtung.



• Lagerung

Die Lagerung ermöglicht es der Platte auf der Lenkgabel zu rotieren. Sie besteht aus einem Kugellager zwischen der Anschraubplatte und der Lenkgabel, der mit Fetten geschmiert ist um vor Staub, Flüssigkeiten und aggressiven Stoffen zu schützen. Die Tragkraft des Gehäuses hängt stark von der Art der Lagerung ab, die gewählt wurde.

• Zapfen

Der Zapfen ist die Verbindung zwischen der Anschraubplatte und dem Kugellagerhalterung und ermöglicht der Lenkgabel die Drehung um die eigene Achse. Der Zapfen kann:

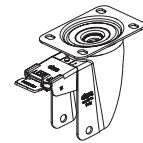
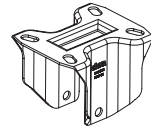
- in die Anschraubplatte eingebaut sein
- eingepresst werden und mittels Sicherungsmutter fixiert werden
- aus einer Schraube und einer Mutter bestehen

• Staubschutzring

Der Staubschutzring schützt die Lagerung vor Staub und festen Verunreinigungen mittlerer Körnung.

2.2 Feststehendes Gehäuse

Das feststehende Gehäuse ist dazu konstruiert, dass das Rad in eine spezielle Richtung fährt. Dies garantiert eine Richtwirkung des Wagens. Die Manövrierbarkeit hingegen hängt von der Verwendung von Lenkgehäusen ab. Grundsätzlich bestehen feststehende Gehäuse aus einer einzelnen gepressten Stahlplatte ("U"-förmig). Bohrungen zur Aufnahme der Radachse sind am unteren Ende, Bohrungen zur Befestigung am Wagen am oberen Ende angebracht.



2.3 Lenkgehäuse mit Bremse

Die Bremse verhindert die Rotation des Gehäuses um die eigene Achse, die Rotation der Räder und der Laufrollen (Rad + Gehäuse).

3. ACHSE

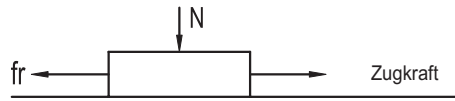
Durch die Achse wird das Rad mit dem Gehäuse verbunden. Im Normalfall besteht sie aus einem Gewindebolzen mit Mutter, Unterlegscheiben, einem Rohr (Nabe) und falls erforderlich Distanzstücken. Bei Standard-Anwendungen kann die Achse mittels Nieten direkt an der Gehäusegabel befestigt werden.

4. LAST, REIBUNG UND KRÄFTE

Ableitende Kräfte oder Reibungen treten entlang der Kontaktfläche zweier Körper auf und neigen dazu der Bewegung entgegen zu wirken.

4.1 Gleitreibung

An den Kontaktflächen von Körpern tritt ein Gleitwiderstand auf, welcher der Bewegung entgegenwirkt. Die Kraft hängt von der Art der Kontaktoberflächen (Material und Verarbeitung) und dem Gewicht, welches von oben auf die Bewegungsrichtung (Normalkraft) wirkt, ab.

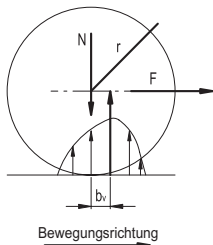


Mathematisch wird die Gleitreibung wie folgt berechnet:

$F_r = \mu \times N$ wobei: μ = Reibungskoeffizient N = Normalkraft (oder Last)

Wenn zwei Körper anfangs still stehen, wird diese Widerstandskraft Haftreibung genannt. Dies ist jene Minimalkraft, die angewendet werden muss, um beide Körper in Bewegung zu setzen. Wenn beide Körper in Bewegung sind, reicht eine geringere Zugkraft aus, um die Bewegung in konstanter Geschwindigkeit aufrechtzuerhalten. Diese Kraft wird als Bewegungsreibung bezeichnet. Der Reibungskoeffizient wird sowohl für Ruhreibung als auch Bewegungsreibung experimentell ermittelt. Rollreibung tritt auf, wenn ein Rad auf einer Fläche rollt ohne zu gleiten. Ein Rad mit dem **Radius** wird einer **Last N** ausgesetzt. Durch die **Last N** wird das Rad verformt. Nachdem es in Bewegung gesetzt wurde, wird diese Verformung wieder rückgängig gemacht. Wenn das Material des Rades nicht vollkommen elastisch ist, wird ein Teil der angewandten Energie aufgrund der Reibung im Material des Rades in Wärme umgewandelt und geht verloren. Wenn wir nun an Kräfte, und nicht an Energie, denken, kann man sagen, dass Verteilung des Drucks beim Kontakt ist nicht symmetrisch verglichen mit der Richtung der Kraft N . Um das Rad in Bewegung zu halten muss man daher einen Moment mittels **Zugkraft F** erzeugen, welche parallel zur Bewegungsrichtung wirkt. Von den vorhergehenden Formeln erhalten wir:

4.2 Rollreibung



Wo:

$$F = \frac{M_r}{r} = \frac{b_v \times N}{r} = f_v \times N$$

$$f_v = \frac{b_v}{r}$$

Mit f_v als **Rollreibung**, die in experimentellen Tests ermittelt wird.

4.3 Zugkraft

Die Zugkraft ist jene Kraft welche benötigt wird um den Widerstand zu überwinden, welcher durch Reibung entsteht, wenn zwei Körper aufeinander gleiten oder rollen. Verglichen mit dem Reibungswiderstand muss die Zugkraft also mindestens die selbe Größe, aber die entgegengesetzte Richtung, haben. Je niedriger die notwendige Zugkraft ist um einen Wagen in Bewegung zu halten, desto besser läuft das ausgewählte Rad. Im Falle eines Rades, das auf einem ebenen Untergrund läuft, muss die Zugkraft den Rollwiderstand überwinden.



5. AUSWAHL DES RICHTIGEN RADES / ROLLE

Jedes Produkt, dass nicht für den Verwendungszweck genutzt wird, für den es konzipiert wurde, kann zur Unzufriedenheit des Anwenders führen. Dies kann weiters Materialschäden und Unfällen verursachen. Nachfolgend einige Beispiele in denen die Räder und Rollen nicht korrekt verwendet werden:

- durch die Verwendung von Rädern, welche für den Untergrund/Boden nicht geeignet sind, wird der Laufbelag des Rades schneller abgenutzt und der Boden beschädigt;
- die Wahl einer Bockrolle, also einer nicht lenkbaren Rolle für eine Anwendung, welche häufiges Manövrieren erfordert, wird vom Anwender als ungeeignet empfunden;
- eine Überbelastung des Rades durch eine Last über der Nenntagfähigkeit führt zu Störungen in der Nutzung des Rades sowie zu einem schnellen Verschleiß.

Daher ist eine technische Analyse der Einsatzbedingungen erforderlich. Der wirtschaftliche Aspekt sollte zweitrangig sein. Wichtiger ist, dass das Produkt den technischen Anforderungen entspricht. Der Grund einer technischen Analyse ist es die Einsatzbedingungen und alle anderen externen Faktoren, die die Ausrüstung beeinträchtigen können, zu definieren. Für die Auswahl des richtigen Rades/Rolle sollten folgende Faktoren berücksichtigt werden:

- **Art und Beschaffenheit des Bodens (5.1)**
- **Umgebungsbedingungen (5.2)**
- **Größe und Art der Last (5.3)**
- **Geschwindigkeit und Antrieb (5.4)**
- **Manövrierbarkeit (5.5)**
- **Wahl des Rades (5.6)**

Wir empfehlen die Auswahl in drei Schritten durchzuführen: **Schritt 1:** Definieren Sie den richtigen Radtyp auf Basis der Boden- und Umgebungsbedingungen; **Schritt 2:** Definieren Sie den Raddurchmesser auf Basis der Höchstlast, der Tragfähigkeit und des Rollwiderstands unter den jeweiligen Bedingungen; **Schritt 3:** Definieren Sie das geeignete Gehäuse und benötigte Dynamik der Rolle (Rad + Gehäuse). Falls bei den verschiedenen Schritten unterschiedliche Wahlmöglichkeiten entstehen, sollte man immer die sicherste Variante bevorzugen.

• Höchstlast [N]

Die Höchstlast ist definiert durch die größte Last, welcher ein stillstehendes Rad ohne bleibende Verformung standhält. Ein an einem selten bewegten Wagen montiertes Rad ist hauptsächlich dieser statischen Belastung ausgesetzt.

• Dynamische Tragfähigkeit

Die dynamische Tragfähigkeit eines Rades ist jener Wert der Höchstlast (definiert durch N) der vom Rad in Komformität mit den Normen ISO 22883:2004 and UNI EN 12532:2001, für Industriereifen, getragen werden kann. Diese schreiben eine Prüfung unter den folgenden Bedingungen vor:

- konstante Geschwindigkeit von 1.1 m/s (4 km/h)
- konstante Geschwindigkeit von 1.1 m/s (4 km/h)

Hindernisse mit einer Breite von 100 mm und einer Höhe von 5 % des Raddurchmessers bei Rädern mit weichem Laufbelag (Härte bis zu 90 Shore A) und 2,5 % des Raddurchmessers bei Rädern mit hartem Laufbelag (Härte größer als 90 Shore A)

- Temperatur 20 °C (Toleranz ± 10 °C);
- Prüfzyklus: 3 Minuten Betrieb, 1 Minute Pause
- glatter, harter und horizontaler Boden

• Rollwiderstand

Der Rollwiderstand ist jener Wert (definiert durch N) der Höchstlast, der von jedem einzelnen Rad bei einer konstanten Geschwindigkeit von 4 km/h durch Zugkraft oder Schub, von 50N (ausgenommen der Anfahrmoment), unterstützt werden kann. Dieser Wert ergibt sich beim Ausüben einer Zugkraft von 200N auf einen Wagen mit 4 Rädern und dem Messen der maximal möglichen Last pro Rad unter normalen Bewegungsbedingungen. Die ausgeübte Zugkraft von 200N stimmt mit den internationalen Bedingungen zur Arbeitssicherheit überein.

5.1 Art und Beschaffenheit des Bodens

Die Art und der Zustand des Bodens sowie eventuell vorhandene Hindernisse beeinflussen die Wahl der Räder. Sie sind ebenfalls wichtige Faktoren für das Rollverhalten des Wagens sowie der Effizienz und Lebensdauer der Räder und Rollen. Besondere Aufmerksamkeit ist bei unebenen Böden geboten bzw. bei festen Hindernissen die zu überfahren sind. Der Anprall des Rades an einem Hindernis führt zu einem Widerstand und dessen Größe hängt wesentlich von der Elastizität des Laufbelages ab. Die aufgenommene Energie im Fall eines Aufpralls ist größer wenn das Rad einen elastischen Laufbelag hat. Dies hebt wiederum teilweise den Bremsseffekt des Hindernisses auf. Bei unebenen Böden bzw. Böden mit Hindernissen, sollte man Räder mit einem größeren Durchmesser wählen, um die Hindernisse überwinden zu können. Die Räder müssen v.a. dort besonders sorgsam ausgewählt werden in denen Hindernisse, chemische und/oder organische Substanzen oder Maschinenabfälle gibt. Die am häufigsten vorkommenden Bodentypen sind: Fliesen, Asphalt, Kunstharz-Beton, unbefestigter Boden, Gitterboden, Boden mit Metallspänen, Hindernissen etc.

Die häufigsten Kombinationen von Boden-Rad finden Sie in der unten folgenden Tabelle:

Art des Bodens	geeigneter Laufbelag
Fliesen	Polyurethan oder Naturkautschuk
Asphalt	Naturkautschuk
Kunstharz, Beton	Polyurethan oder Naturkautschuk
unbefestigter Boden	Naturkautschuk
Gitterboden	Naturkautschuk
Boden mit Spänen/Hindernissen	Naturkautschuk

5.2 Umgebungsbedingungen

Bei der Auswahl des Rades sind die Umgebungsbedingungen zu berücksichtigen. Wichtig ist dabei, dass das Material des Rades für den Einsatz unter Einflüssen wie z.B.: aggressive Medien, Temperatur, Feuchtigkeit, elektrostatische Aufladung geeignet ist. Die Standard Einsatzbedingungen für jedes Rad finden Sie im Hersteller Katalog.

Aggressive Stoffe

Da es sehr viele unterschiedliche aggressive chemische Stoffe gibt, ist es schwierig eine vollständige Liste anzuführen. Chemische Stoffe die sehr häufig mit Rädern in Kontakt kommen sind: schwache Säuren (z.B. Gallensäure, schwefelige Säuren), starke Säuren (z.B. Salzsäure, Salpetersäure), schwache Basen (z.B. Alkalilösungen), starke Basen (z.B. Natron, Ätznatron), chlorhaltige und aromatische Lösungsmittel (z.B. Azeton, Terpentin), Kohlenwasserstoffe (z.B. Benzin, Diesel, Mineralöle), Alkohol (z.B. Äthylalkohol), frisches Wasser, Salzwasser, gesättigter Dampf. Deshalb ist es bei der Auswahl des richtigen Rades wichtig zu überprüfen, ob das Material der Lauffläche, des Radkörpers, der Lagerung und des Gehäuses mit den speziellen Umgebungsbedingungen kompatibel ist. Vorsicht ist v.a. dort geboten, wo Wasser, Säuren, Basen, Dampf und aggressive Stoffe oft präsent sind. Zum Beispiel sollte man ein Polyurethan Rad statt eines gummbereiften Rades wählen, wenn es große Mengen von Öl, Fetten und Kohlenwasserstoffen gibt. Andererseits ist es ratsam ein Edelstahl-Gehäuse, in sehr feuchten Umgebungen und bei hoher Salzkonzentration, zu wählen.

Temperatur

Wenn die Betriebstemperatur einer Anwendung von jener vom Hersteller empfohlenen Standardtemperatur abweicht, müssen Sie die Widerstandsfähigkeit des Rad-Materials überprüfen. Dies gilt nicht nur für den Laufbelag und den Radkörper, sondern auch für das verwendete Schmiermittel (es könnten notwendig sein, den Hersteller zu kontaktieren). Der Sicherheitskoeffizient der Tragfähigkeit wird in der folgenden Tabelle gezeigt.

Temperatur Bereich [°C]		Sicherheitskoeffizient der Tragfähigkeit (1 = 100% der Tragfähigkeit)										
von	bis	RE.FF	RE.F2	RE.F5	RE.F5-ESD	RE.F4	RE.F8	RE.G1	RE.E2	RE.E3	RE.G2	RE.G5
-40	-20	▲	▲	▲	▲	▲	0,50	▲	▲	0,40	0,40	▲
-20	0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,80	0,80	1,00	1,00	1,00
0	+20	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
+20	+40	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
+40	+60	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,85	0,85	0,85	0,85	0,90
+60	+80	0,70	0,80	0,80	0,80	0,80	0,70	0,50	0,50	0,60	0,60	0,80
+80	+130	0,40	▲	0,40	0,40	0,40	0,60	▲	▲	▲	0,40	0,40
> 130 °C		▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲

▲ nicht empfohlen

Die oben genannten Änderungswerte beziehen sich auf einen längeren und durchgehenden Betrieb (über 30 Minuten) der Räder in der angegebenen Umgebungstemperatur.

5.3 Größe und Art der Last

Die Größe der Last ist der Wert [N], den man erhält, wenn man das zu transportierende Gewicht zum Gewicht des Wagens erhält (Tara). Die Art der Last, flüssig oder fest, hat einen ausschlaggebenden Einfluss auf die Berechnung der Tragfähigkeit des Rades. Die Formel für die Berechnung der Tragfähigkeit jedes Rades ist:

$$Q = \frac{P_u + P_c}{n}$$

Q = Tragfähigkeit jedes Rades **P_u** = zu transportierende Gewicht **P_c** = Eigengewicht des Wagens **n** = Anzahl der Räder mit Bodenkontakt

FESTE LAST

Für eine feste Last, n=3 für einen vier-rädrigen Wagen (wobei mindestens drei der vier Räder ständigen Bodenkontakt haben müssen).

FLÜSSIGE LAST

Für eine flüssige Last n=2 für einen vier-rädrigen Wagen (wobei mindestens zwei der vier Räder ständigen





5.4 Geschwindigkeit und Antrieb

Bodenkontakt haben müssen). Eine genaue Analyse ist unerlässlich, wenn der Wagen Teil einer automatisierten oder im Dauerbetrieb geführten Produktionseinheit ist. In diesem Fall müssen alle auf das Rad wirkende Kräfte berücksichtigt werden. Es wird daher empfohlen Zulassungen und Sicherheitsfaktoren einzubeziehen.

Die Geschwindigkeit des Wagens ist ein sehr wichtiger Faktor bei der Auswahl des Rades. Wenn die Geschwindigkeit gleich 0 ist und ein vorwiegend statischer Einsatz vorgesehen ist, reicht es aus, die erforderliche Tragfähigkeit jedes Rades mit der in den Hersteller-Katalogen angeführten statischen Belastungen zu vergleichen. Wenn die Geschwindigkeit größer als 0 ist, muss die Antriebsart berücksichtigt werden. Im industriellen Umfeld kann dies manuell oder mechanisch sein. Manuell bedeutet, dass die Kraft durch eine oder mehrere Personen ausgeübt wird, während bei mechanischem Antrieb die Kraft durch ein mechanisches Gerät (eigener Motor des Wagens oder durch Zugfahrzeuge) ausgeübt wird.

- Manuelles Bewegen

Bei manuellem Bewegen beträgt die Geschwindigkeit maximal 4 km/h. Wenn die Last nur durch einen Bediener bewegt werden soll, berechnet man die Höchstlast pro Rad mit folgender Formel:

$$S = \frac{P_u + P_c}{n}$$

S = Höchstlast pro Rad **P_u** = zu transportierendes Gewicht **P_c** = Eigengewicht des Wagens **n** = Radanzahl des Wagens (max. 4). Der daraus erhaltene Werte muss mit der angeführten Höchstlast pro Rad im Hersteller-Katalog verglichen werden.

- Maschineller Antrieb

Beim maschinellen Antrieb wird die Wahl des Rades aufgrund der Betriebsgeschwindigkeit der Maschine gewählt. Die dynamische Belastbarkeit des Rades bezieht sich normalerweise auf eine Geschwindigkeit die nicht höher als 4 km/h (1.1 m/s) ist. Wenn die Geschwindigkeit höher als 4 km/h ist, ist ein Korrekturfaktor für die Tragfähigkeit zu berücksichtigen, da das Rad-Material mit ansteigender Geschwindigkeit einer chemisch-physikalischen Veränderung unterliegt. In der folgenden Tabelle finden Sie den Koeffizienten für die Tragfähigkeitsreduzierung, bei ansteigender Geschwindigkeit, für die verschiedenen Radtypen.

Geschwindigkeitsbereich [Km/h]		Sicherheitskoeffizient der Tragfähigkeit (1,00 = 100% der Tragfähigkeit)										
		RE.FF	RE.F2	RE.F5	RE.F5-ESD	RE.F4	FE.F8	RE.G1	RE.E2	RE.E3	RE.G2	RE.G5
min	MAX											
0,00	4,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
4,00	6,00	0,60	1,00	0,80	0,80	0,80	▲	▲	▲	▲	0,80	0,80
6,00	10,00	▲	0,80	▲	▲	0,60	▲	▲	▲	▲	▲	0,60
10,00	12,00	▲	0,70	▲	▲	0,50	▲	▲	▲	▲	▲	0,50
12,00	16,00	▲	0,60	▲	▲	0,40	▲	▲	▲	▲	▲	0,40
> 16 Km/h		▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲

▲ nicht empfohlen

- Antrieb mittels Eigenantrieb

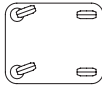
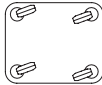
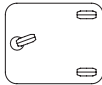
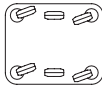
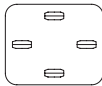
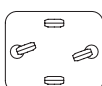
Bei mit Eigenantrieb ausgerüsteten Wagen (Wagen mit Treibrädern – selbstfahrende Wagen) sind die Räder besonderen Beanspruchungen ausgesetzt. Die Treibräder müssen nicht nur der Last standhalten, sondern auch die Übertragung der Tangentialkraft erlauben, welche den Vorschub des Rades und folglich des Wagens ermöglicht. Folglich ist auch der Radkörper einer höheren Belastung ausgesetzt. Deshalb sind folgende Punkte bei der Auswahl der Räder und Gehäuse bei selbstfahrenden Rädern besonders zu beachten:

- Lagerung
- Verbindungstoleranz Welle/Lagerung
- Material der Welle im Vergleich zum Material der Lagerung
- Start- und Stopp-Frequenz der Bewegungsübertragung
- Richtungswechsel
- Überlastung, auch wenn diese nur zeitweise passiert

Da sehr viele Faktoren zu beachten sind, empfehlen wir ELESA S.p.A. zu kontaktieren und bei der Auswahl einzubinden.

5.5 Manövrierbarkeit

Unter der Manövrierbarkeit versteht man die Fähigkeit eines Wagens sich mehr oder weniger leicht bewegen zu lassen. Der begrenzte Platz innerhalb der Produktion oder sehr verwinkelte Wege, die eine Werkshalle mit der anderen verbinden, bedürfen einer speziellen Manövrierbarkeit der Ausrüstung, um die Arbeit des Bedieners zu vereinfachen. Die Lenkgehäuse erlauben das Drehen des Wagens. Je größer die Fluchtabweichung (d.h. der Abstand zwischen der Drehachse des Gehäuses und der Drehachse des Rades), desto einfacher kann man den Wagen drehen. Eine zu große Fluchtabweichung reduziert allerdings den Geradeauslauf und führt zu einem unruhigen Lauf der Rollen. Es ist auf jeden Fall erforderlich, dass feststehende Gehäuse parallel zueinander montiert werden. In der nachstehenden Tabelle sind die am häufigsten vorkommenden Anordnungen abgebildet.

Schema	Anordnung Gehäuse	Einsatzbedingungen	Anwendungsbeispiele
	zwei Lenkrollen zwei Bockrollen	Gebräuchlichste Anordnung, gute Geradeausfahrt ebenso möglich wie gute Kurvenfahrt. In engen Gängen schlecht manövrierbar.	Werkstätten, Lager
	vier Lenkrollen	Ausgezeichnete Beweglichkeit, für längere Geradeausfahrt und bei Rampen etc. schlecht steuerbar.	Supermärkte, Industrie, Logistikzentren
	eine Lenkrolle zwei Bockrollen	Preiswerte Lösung für leichte Lasten mit guter Lenkbarkeit, für kleine Transportgeräte, aus Stabilitätsgründen sollte die Last gleichmäßig verteilt sein.	kleine Wagen/leichte Lasten
	vier Lenkrollen, zwei Bockrollen, wobei die Bockrollen eine etwas höhere Bauhöhe aufweisen	Aufwendige Rollenanzordnung, empfehlenswert bei schweren Lasten oder langen Geräten, gut lenkbar.	Paketverteilung, Post, Bahnhöfe, schwere Lasten
	vier Bockrollen, wobei die mittleren Bockrollen eine etwas höhere Bauhöhe aufweisen	Preiswerte Rollenanzordnung, gute Geradeausfahrt, gut lenkbar; neigt bei dieser Anordnung aber leicht zum Kippen	Montagelinie, Industriewagen
	zwei Lenkrollen und zwei Bockrollen, wobei die Bockrollen eine etwas höhere Bauhöhe aufweisen	Gute Geradeausfahrt und lässt sich auf der Stelle gut drehen; Einsatz auf ebenen Böden, das das Gerät zum Kippen neigt	Werkstätten, Lager

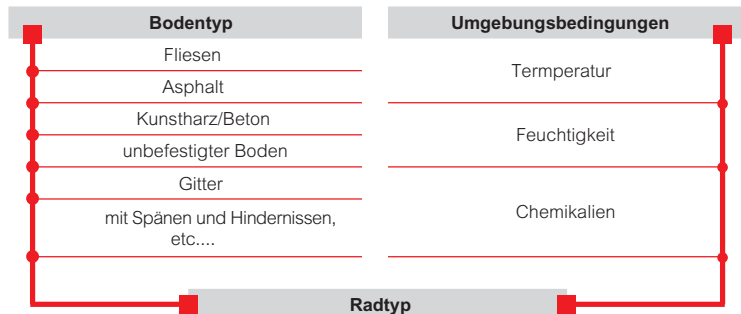
5.6 Wahl des Rades

Alle zuvor angeführten Parameter und Betriebsmerkmale, werden in einem der folgenden drei Schritte verwendet, um die Wahl des richtigen Rades zu treffen.

Schritt 1

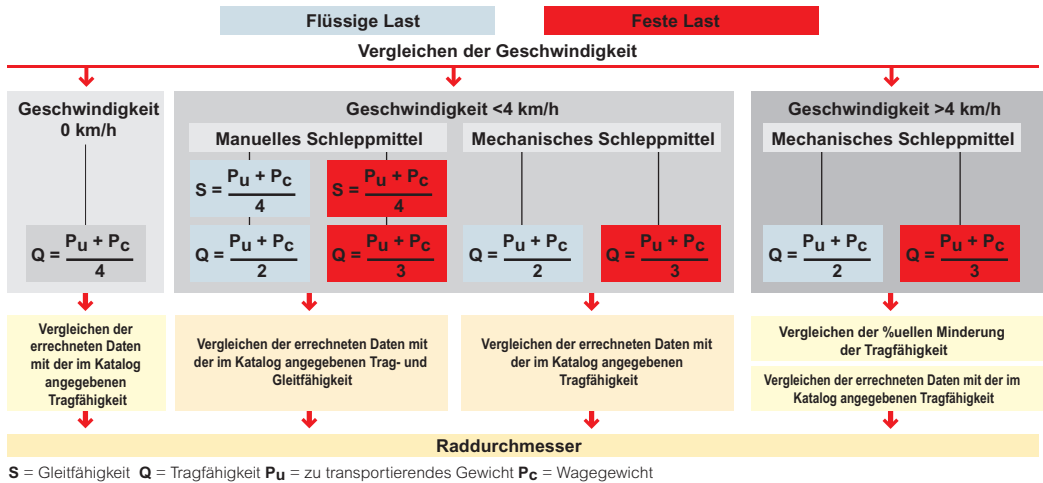
Bestimmung des richtigen Radtyps auf Basis der Boden- und Umgebungsbedingungen. Die folgende Grafik fasst jene Faktoren zusammen, die die Wahl des Rades beeinflussen; "Art des Rades" bedeutet:

- Material, aus dem der Laufbelag und der Radkörper bestehen;
- Die Art der Verbindung zwischen Laufbelag und Radkörper;
- Lagerung;



Schritt zwei

Bestimmung des Raddurchmessers auf Basis der Höchstlast, der Tragfähigkeit und des Rollwiderstandes. Einer der wichtigsten Schritte ist hier die Last zu definieren, die das Rad tragen muss. Das folgend Diagramm zeigt, welche Berechnung durchgeführt und welche Werte - auf Basis der Einsatzbedingungen - berücksichtigt werden müssen. Diese Aspekte müssen immer angeführt werden (Größe und Art der Last und Geschwindigkeit), während darauf geachtet werden muss, dass die festgelegten Werte nicht höher als jene sind, die im Hersteller-Katalog angegeben wurden. Wenn die Bewertung der unterschiedlichen Aspekte unterschiedliche Daten generiert, muss die Wahl auf Basis der konservativsten Bedingungen getroffen werden.



Schritt drei

Auswahl des geeigneten Gehäuses. Dieser Schritt besteht aus zwei Teilen:

1. Auswahl von feststehendem oder lenkbarem Gehäuse, abhängig von der Manövrierbarkeit und Richtwirkung;
 2. Die Kompatibilität zwischen dynamischer Tragfähigkeit von Rad und Gehäuse.
- Die folgende Tabelle fasst einige Indikatoren zur Wahl des richtigen Rades, gemäß der Anwendungsmerkmale, zusammen.

● Empfohlen □ möglich ▲ nicht empfohlen

Auswahlkriterien	Werte	RE.FF	RE.F2	RE.F5	RE.F5-ESD	RE.F4	RE.F8	RE.G1	RE.E2	RE.E3	RE.G2	RE.G5
Tragfähigkeit	Leichte Belastung, bis 250 kg	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Mittlere Belastung, bis 500 kg	●	●	●	●	●	●	▲	▲	▲	●	●
	Schwere Belastung, mehr als 500 kg	▲	●	●	●	●	□	▲	▲	▲	●	●
Rollwiderstand	< 125 kg	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	> 125 kg	●	●	●	●	●	●	▲	▲	▲	●	●
Bodentyp	Fliesen	●	●	●	●	●	□	●	●	●	●	●
	Asphalt	□	●	□	□	□	▲	□	●	●	●	□
	Kunstharz, Beton	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	unbefestigter Boden	□	●	□	□	□	□	□	●	●	●	□
	Gitterboden	▲	●	□	□	□	□	▲	▲	●	●	□
	Mit Spänen, Hindernissen etc.	▲	□	□	□	□	□	▲	▲	●	●	□
Chemische Umgebungsbedingungen	Keine aggressive Chemikalien	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Mit aggressiven Chemikalien	●	□	□	□	□	●	●	▲	▲	□	□
Temperatur	-40° / -20°	▲	▲	▲	▲	▲	□	▲	▲	□	□	●
	-20° / +80°	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	+80° / +130°	▲	□	□	□	□	□	▲	▲	□	□	□
	> 130°	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
Antrieb	Manuell (Geschwindigkeit ≤ 4 Km/h)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Mechanisch (Geschwindigkeit ≤ 16 Km/h)	▲	●	●	●	●	▲	▲	▲	▲	□	●



Achse

Verbindungsorgan, mit dem das Rad mit dem Gehäuse zusammengesetzt wird. Besteht normalerweise aus einem Gewindestift mit Mutter, Unterlegscheibe, Rohr und gegebenenfalls Distanzstücken.

Bezugsnormen: UNI EN 12526:2001 - ISO 22877:2004

Bremse

Vorrichtung zum Blockieren der Drehung des Gehäuses um seine eigene Achse und der Raddrehung oder der Drehung der aus Rad und Gehäuse gebildeten Einheit. An den Lenkgehäusen können Vorderbremsen, oder Hinterbremsen angebracht werden.

Bezugsnormen: UNI EN 12526:2001 - ISO 22877:2004.

Durchgehende Bohrung

Bohrung im Oberteil des Gehäuses, wird zum Befestigen des Gehäuses am Wagen verwendet.

Bezugsnormen: UNI EN 12526:2001 - ISO 22877:2004

Dynamische Tragfähigkeit

Höchstlast, ausgedrückt in N, die von einem Rad oder einem Gehäuse unter Einhaltung der europäischen Normen UNI EN 12532 und der internationalen Normen ISO 22883:2004 transportiert werden kann. Zum Zweck ist ein dynamischer Test vorgeschrieben, wozu bei konstanter Geschwindigkeit (4 km/h, 1,1 m/s) 500 Hindernisse mit einer Breite von 100 mm und einer Höhe gleich 5% des Durchmessers eines Rades mit elastischer Lauffläche (Härte bis 90 Shore A) und gleich 2,5% des Durchmessers eines Rades mit starrer Lauffläche (Härte höher als 90 Shore A) zu überwinden sind, ohne dass am Rad permanente Verformungen auftreten, die seine Funktionstüchtigkeit beeinträchtigen.

Gabel

Teil des Gehäuses (Lenkgehäuse oder feststehendes Gehäuse), dass das Rad abstützt. Hat die Form eines umgekehrten „U“. Am unteren Ende der Gabel befinden sich die Bohrungen zur Aufnahme der Radachse. Am oberen Teil sind die Drehorgane angebracht.

Bezugsnormen: UNI EN 12526:2001 - ISO 22877:2004

Gehäuse

Verbindungselement zwischen Rad und Wagen. Normalerweise benötigen alle Räder ein Gehäuse, damit sie an einen Wagen angebracht werden können, ausgenommen die Räder, deren Achse in den Wagen selbst integriert sind. Lenkgehäuse: Dreht sich bei einem Fahrtrichtungswechsel um seine eigene senkrechte Achse; Das Lenkgehäuse kann mit einer Platte, einer durchgehenden Bohrung oder mit einem Schaft versehen sein. Das Lenkgehäuse kann mit einer Bremse ausgerüstet sein. Feststehendes Gehäuse: kann sich nicht drehen.

Hat die Aufgabe das Rad auf einer geraden Linie zu halten.

Bezugsnormen: UNI EN 12526:2001 - ISO 22877:2004.

Härte

Widerstand, den ein Material gegen das Eindringen eines anderen Materials ausübt. Wird mit empirischen Prüfungen gemessen, bei denen die Eindringtiefe einer bestimmten Kraft in das Material unter bestimmten Bedingungen gemessen wird. Die Eindringhärte ist umgekehrt proportional zur Eindringtiefe. Es gibt verschiedene Prüfungen zum Messen der Härte eines Materials. Zu den am häufigsten angewandten Prüfungen zählen die Prüfungen, für die die Härtemesser „Shore“ Typ A und Typ D verwendet werden. Der Härtemesser Typ A wird für weichere Materialien (Elastomer) und der Typ D für härtere Materialien (thermoplastische Materialien, Polypropylen) eingesetzt.

Bezugsnormen: UNI EN ISO 868:1999 - ASTM D 2240-2004.

Kugellagerhalterung

Lager.

Lauffläche

Die Lauffläche ist die Außenoberfläche des Rades und ist jener Teil, der mit dem Boden in Kontakt kommt. Sie kann glatt sein, oder aber auch mit Profil, um den Grip am Boden zu erhöhen.

Laufbelag

Außenring aus Material mit unterschiedlichen Ausführungen, die das Rad kennzeichnen. Die Verkleidung ist fest, wenn sie einteilig mit dem Kern ist und ist aufgezogen, wenn sie mechanisch auf den Kern aufgebracht wird.

Lenkbarkeit

Eigenschaft eines Gegenstandes eine vorgegebene Richtung beizubehalten.

Manövrierbarkeit

Möglichkeit eines Gegenstandes seine Laufrichtung leicht ändern zu können.

Platte

Oberteil des Gehäuses mit Bohrungen und Schlitzen zur Befestigung am Wagen. Kann mit verschiedenen Formen hergestellt werden: rechteckig mit vier Befestigungslöchern, rund mit durchgehender Bohrung, rund mit Schaft. Bezugsnormen: UNI EN 12526:2001 - ISO 22877:2004

Rad

Rundes mechanisches Organ, das durch die Drehung um die eigene Achse die Umwandlung einer Gleitbewegung in eine Rollbewegung ermöglicht. Das Rad besteht aus folgenden Elementen: Lauffläche, Radkörper und Lagerung. Je nach Bauweise und verwendetem Material können die Räder drei Familien zugeteilt werden: vollgummibereifte Räder, Polyurethanräder und einteilige Räder. Bezugsnormen: UNI EN 12526:2001 - ISO 22877:2004

Radkörper

Tragendes Teil des Rades, das die Verkleidung mit der Lagerung verbindet. Der Kern kann eine unterschiedliche Form haben und aus unterschiedlichen Materialien bestehen. Er kann aus einem einzigen Teil oder aus zwei oder mehr miteinander verbundenen Teilen bestehen.

Bezugsnormen: UNI EN 12526:2001 - ISO 22877:2004

Rollwiderstand

Rollreibung tritt auf, wenn ein Rad auf einer Fläche rollte ohne zu gleiten. Ein Rad mit dem **Radius** wird einer **Last N** ausgesetzt. Durch die **Last N** wird das Rad verformt. Nachdem es in Bewegung gesetzt wurde, wird diese Verformung wieder rückgängig gemacht.

Schaft

Endstück des Gehäuses, wird zur Befestigung des Gehäuses in einer Bohrung des Wagens verwendet.

Bezugsnormen: UNI EN 12526:2001 - ISO 22877:2004

Statische Belastung

(Ausgedrückt in N) Höchste Belastung, der ein stillstehendes Rad standhält, ohne dass bleibende Veränderungen des Rades auftreten, die seine Funktion beeinträchtigen.

Bezugsnormen: UNI EN 12527:2001 - ISO 22878:2004

Staubschuttring

Element des Lenkgehäuses. Schützt die Drehorgane.

Vulkanisierung

Behandlung mit Schwefel oder schwefelhaltigen Verbindungen, der einige Stoffe, darunter auch Kautschuk, unterzogen werden, um die Plastizität zu eliminieren und sie perfekt elastisch zu machen.

Weiterreißwiderstand

Fähigkeit eines Materials der Ausbreitung eines Schnittes standzuhalten. Wird mittels eines Tests geprüft, dessen Bedingungen von den Normen ASTM D 624b-2000 - UNI 4914:1987 vorgegeben werden. Bei diesem Test wird ein Materialmuster senkrecht zur selben einwirkenden Zugkraft angeschnitten.

Zapfen

Dieses Element des Lenkgehäuses dient als Verbindung zwischen Platte, Gabel und Kugelhalterung; Platte und Gabel bilden ein einziges Teil, während der Kugelhalterung sich um seine eigene Achse drehen kann.

